



TUGAS AKHIR RC 14-1501

**PERENCANAAN DERMAGA DAN BREAKWATER
UNTUK KAPAL LCT 1200 DWT DI TERSUS
CANDRIAN, DI TELUK CANDRIAN, KABUPATEN
BANYUWANGI**

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
NRP. 03111645000010

Dosen Pembimbing I
Ir. Fuddoly, MSc

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR RC 14-1501

**PERENCANAAN DERMAGA DAN BREAKWATER
UNTUK KAPAL LCT 1200 DWT DI TERSUS
CANDRIAN, DI TELUK CANDRIAN, KABUPATEN
BANYUWANGI**

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
NRP. 03111645000010

Dosen Pembimbing I
Ir. Fuddoly, MSc

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

**PERENCANAAN DERMAGA DAN BREAKWATER
UNTUK KAPAL LCT 1200 DWT DI TERSUS CANDRIAN,
TELUK CANDRIAN KABUPATEN BANYUWANGI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Transportasi (Pelabuhan)
Program Studi Lintas Jalur S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI

NRP. 03111645000010

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir.Fuddoly, MSc

(Pembimbing I)

2. Prof.Dr.Ir.Herman Wahyudi

(Pembimbing II)



SURABAYA,
DESEMBER 2018

**PERENCANAAN DERMAGA DAN BREAKWATER
UNTUK KAPAL LCT 1200 DWT DI TERSUS
CANDRIAN, TELUK CANDRIAN KABUPATEN
BANYUWANGI**

Nama Mahasiswa : Elita Anindya Pramithasari
NRP : 03111645000010
Jurusan : Lintas Jalur S-1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Ir. Fuddoly, MSc.
: Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

ABSTRAK

Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang memiliki luas wilayah sekitar 5.782,50 km² dan memiliki panjang pantai 282 Km. Letak geografis Banyuwangi sangat strategis, berada di ujung paling timur Pulau Jawa yang merupakan pintu gerbang koridor ekonomi Jawa yang menghubungkan dengan koridor ekonomi Bali Nusa Tenggara. Wilayah Kabupaten Banyuwangi cukup beragam, dari dataran rendah hingga pegunungan. Sehingga Kabupaten Banyuwangi memiliki sumber daya alam yang melimpah, mulai dari perkebunan, pertanian, dan pertambangan. Salah satu kecamatan di Banyuwangi yaitu Kecamatan Pesanggaran terdapat Gunung Tumpang Pitu yang mengandung emas, perak dan tembaga.

Untuk menunjang kegiatan operasional pada proyek Gunung Tumpang Pitu, dalam melakukan pengadaan alat – alat berat dan untuk mengangkut muatan kebutuhan operasional proses penambangan. Direncanakan breakwater menggunakan material tetrapod dan batu pecah yang mudah didapatkan di wilayah Gunung Tumpang Pitu. Breakwater dibangun dari elevasi -3 mLWS sampai -11 mLWS. Selain itu direncanakan bangunan jetty dengan tipe timbunan menggunakan material kubus beton dan batu pecah untuk melayani kapal LCT 1200 DWT. Biaya total untuk membangun jetty dan breakwater ini sebesar Rp.192.974.058.255.87 (Seratus Sembilan Puluh Dua Milyar Sembilan Ratus Tujuh Puluh Empat Juta Lima Puluh Delapan Ribu Dua Ratus Lima Puluh Lima Rupiah). Diharapkan dengan adanya perencanaan breakwater yang tepat, gelombang yang datang tidak merusak struktur jetty dan proses bongkar muat barang dapat berjalan dengan baik.

Kata kunci : Teluk Candrian, Breakwater, Jetty, Rubble Mound, Tetrapod, Landing Craft Tank (LCT)

**PERENCANAAN DERMAGA DAN BREAKWATER
UNTUK KAPAL LCT 1200 DWT DI TERSUS
CANDRIAN, TELUK CANDRIAN KABUPATEN
BANYUWANGI**

Nama Mahasiswa	: Elita AnindyaPramithasari
NRP	: 03111645000010
Jurusan	: Lintas Jalur S-1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing	: Ir. Fuddoly, MSc.
	: Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

ABSTRACT

Banyuwangi is one district in East Java which has an area for about 5.782,50 km² and coastline of 282 km long. Strategically located at the easternmost of Java Island, Banyuwangi serves as an economic entrance which connects Java and Bali Nusa Tenggara economic corridors. Banyuwangi has various geographical conditions from lowlands to mountains, which gives it plenty of natural resources such as plantations, agricultures, and minings. One sub-district in Banyuwangi, Pesanggaran, has Mount Tumpang Pitu which contains valuable resources such as gold, silver, and copper.

To support the operational activities at Mount Tumpang Pitu project such as mobilization of heavy equipment and loading of mining material etc., a breakwater construction is planned using material such as tetrapod and crushes stones which can easily be obtained at the site.

The breakwater will be constructed at elevation -3 mLWS to -11 mLWS. Beside that, a jetty of fill-type will be built by using material such as concrete cube and crushed stone. The project costs Rp.192.974.058.255,87 in total. With

proper planning and design of breakwater, it is expected that the incoming waves do not damage the jetty structure and loading-unloading activities will go well as planned.

Keywords: Candrian, bay, Breakwater, Jetty rubble mound, Tetrapod, Landing Craft Tank (LCT)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Perencanaan Dermaga Dan Breakwater Untuk Kapal LCT 1200 Dwt Di Tersus Candrian, Teluk Candrian Kabupaten Banyuwangi”**. Tugas ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagi seluruh mahasiswa dalam menempuh pendidikan pada program studi Lintas Jalur Sarjana Teknik Sipil FTSLK ITS.

Tersusunnya tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada saya. Untuk itu saya ucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Ibu dan Ayah yang saya hormati dan sayangi, yang selalu memberi semangat, dukungan moril maupun materi terutama doa yang tidak pernah berhenti.
2. Kedua adik saya, Prabu Dewa dan Syahratu Cahya yang selalu memberi semangat serta kebahagiaan.
3. Keluarga besar saya, yang selalu memberi doa dan dukungan.
4. Bapak Ir. Fuddoly, MSc. selaku dosen pembimbing 1 saya yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, selaku dosen pembimbing 2 saya yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Teman seperjuangan tugas akhir pelabuhan, Rizal Dwi, Fiany Dara, Shobrina, dan Adrian, yang selalu memberi semangat dan saling mengingatkan untuk tidak pernah menyerah.
7. Teman seangkatan LJ 2016, yang memberi pengalaman luar biasa yang tak terlupakan selama kuliah. Khususnya

Afkarina dan Endah yang dengan ikhlas membantu disaat genting.

8. Yulvan Chairil Atovani, yang memberi motivasi, doa, waktu dan perhatian untuk selalu menemani.
9. Sahabat saya, Ahidza dan Andri yang memberi nasehat, semangat dan doa.
10. Serta semua pihak yang mendukung dan memberikan bantuan dalam penyelesaian proposal tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa dalam pengerjaan tugas ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi terciptanya hasil yang lebih baik.

Surabaya, Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Lingkup Pekerjaan.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
1.6 Lokasi Pekerjaan	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Umum.....	13
2.2 Data dan Analisis.....	14
2.2.1 Data Bathymetri	14
2.2.2 Data Arus.....	15
2.2.3 Data Pasang Surut	15
2.2.4 Data Angin	18
2.2.5 Data Gelombang.....	20
2.2.6 Analisis Gelombang	23
2.2.6.1 Fetch	23
2.2.6.2 Tinggi dan Periode Gelombang Laut Dalam...25	
2.2.6.3 Tinggi Gelombang Rencana	28
2.2.7 Deformasi Gelombang	33
2.2.7.1 Refraksi Gelombang	33
2.2.7.2 Pendangkalan Gelombang (<i>Wave Shoaling</i>) ..37	
2.2.7.3 Difraksi	38

2.2.7.4	Gelombang Pecah	42
2.2.8	Breakwater.....	43
2.2.9	Evaluasi dan Penentuan Layout Breakwater	44
2.2.9.1	Elevasi Puncak Breakwater	45
2.2.9.2	Berat Material Breakwater.....	46
2.2.9.3	Lebar Puncak Breakwater.....	52
2.2.9.4	Tebal Lapisan Breakwater	52
2.2.9.5	Jumlah Material Unit	53
2.2.10	Data Tanah.....	53
2.2.11	Stabilitas Breakwater Rubble Mound	53
2.2.12	Data Kapal	58
2.2.13	Evaluasi Layout	58
2.2.13.1	Area Penjangkaran (<i>Anchorage Area</i>).....	59
2.2.13.2	Alur Masuk (<i>Entrance Channel</i>)	61
2.2.13.3	Kolam Putar (<i>Turning Basin</i>)	66
2.2.13.4	Kolam Dermaga (<i>Basin</i>).....	67
2.2.14	Perhitungan Boulder	69
BAB III PENGUMPULAN DATA DAN ANALISA		71
3.1	Umum.....	71
3.2	Data Pasang Surut.....	71
3.3	Data Arus.....	74
3.4	Data Bathymetri.....	75
3.5	Data Angin.....	84
3.6	Analisa Gelombang	91
3.7	Wind-Wave Hindcasting	101
3.8	Data Tanah.....	110
3.9	Data Gempa	119
BAB IV KRITERIA DESIGN		123
4.1	Peraturan Yang Digunakan.....	123
4.2	Data Kapal	123
4.3	Kriteria Alat Berat	125
4.4	Kualitas Material	128
4.5	Bollard	129
4.6	Fender	133
BAB V PERENCANAAN BREAKWATER		137

5.1	Umum.....	137
5.2	Refraksi Gelombang.....	137
5.3	Umur Rencana.....	141
5.3	Elevasi Muka Air Rencana.....	142
5.4	Elevasi Puncak	143
5.5	Perhitungan Berat Material	144
5.5.1	Segmen Breakwater.....	144
5.5.2	Rumus Van Der Meer.....	144
5.5.2.1	Berat Batu Pecah	145
5.5.2.2	Primary Layer.....	146
5.5.2.3	Secondary Layer.....	147
5.5.2.4	Core Layer.....	148
5.5.2.5	Berm.....	149
5.5.2.6	Rekapitulasi Perhitungan Van Der Meer.....	151
5.5.3	Rumus Hudson	154
5.5.3.1	Berat Lapis Lindung Batu Pecah.....	154
5.5.3.2	Rekapitulasi Perhitungan Hudson	155
5.5.4	Hasil Perhitungan Berat dan Jenis Material	158
BAB VI STABILITAS BREAKWATER		167
6.1	Umum.....	167
6.2	Analisis Data Tanah dan Geometrik Breakwater	167
6.3	Stabilitas Terhadap Puncture Failure.....	178
6.4	Stabilitas Tanah Terhadap Penurunan	181
6.4.1	Perhitungan Immediate Settlement.....	182
6.4.2	Perhitungan Consolidation Settlement	184
6.5	Stabilitas Terhadap Sliding	184
6.6	Stabilitas Terhadap Gempa	187
BAB VII EVALUASI LAYOUT		191
7.1	Umum.....	191
7.2	Kondisi Eksisting Layout Dermaga.....	191
7.3	Evaluasi Layout Perairan.....	194
7.3.1	Areal Penjangkaran (<i>Anchorage Area</i>)	195
7.3.2	Alur Masuk (<i>Entrance Channel</i>)	198
7.3.3	Kolam Putar (<i>Turning Basin</i>)	204
7.3.4	Kolam Dermaga (<i>Basin</i>).....	206

7.3.5	Hasil Evaluasi Layout Perairan	208
7.4	Evaluasi Layout Jetty.....	210
BAB VIII PERENCANAAN JETTY		215
8.1	Umum	215
8.2	Perencanaan Berat Batuan Jetty	215
8.2.1	Difraksi	215
8.3	Perhitungan Berat Batuan	220
8.3.1	Van Der Meer	220
8.3.1.1	Berat Batu Pecah	221
8.3.1.2	Berat Batuan satu unit.....	221
8.3.1.3	Dimensi Primary Layer	222
8.3.1.4	Dimensi Secondary Layer	223
8.3.1.5	Rekapitulasi Perhitungan Van Der Meer	224
8.3.2	Hudson.....	225
8.3.2.1	Berat Lapis Lindung Batu Pecah	226
8.3.2.2	Rekapitulasi Perhitungan Hudson.....	227
8.4	Kesimpulan Perhitungan.....	228
8.5	Stabilitas Jetty.....	231
8.5.1	Stabilitas Terhadap Puncture Failure	234
8.5.2	Stabilitas Terhadap Puncture Failure	234
8.5.3	Stabilitas Terhadap Sliding.....	236
8.5.4	Stabilitas Terhadap Gempa.....	239
BAB IX METODE PELAKSANAAN		243
9.1	Umum	243
9.2	Pekerjaan Persiapan.....	243
9.3	Metode Pelaksanaan Breakwater	245
9.3.1	Pekerjaan Pengakutan Material Batu.....	246
9.3.2	Pekerjaan Pengurukan Material Breakwater	246
9.3.3	Pekerjaan Struktur	247
9.4.1.1	Pekerjaan Core Layer	247
9.4.1.2	Pekerjaan Secondary Layer	250
9.4.1.3	Pekerjaan Primary Layer	252
9.5	Metode Pelaksanaan Jetty.....	253
9.5.1	Pekerjaan Pengakutan Material Batu.....	253
9.5.2	Pekerjaan Pengurukan Batuan	356

9.5.3	Pekerjaan Pemasangan Kubus Beton	258
BAB X	RENCANA ANGGARAN BIAYA	261
10.1	Umum.....	261
10.2	Harga Material dan Upah	261
10.3	Analisis Harga Satuan	264
10.4	Perhitungan Volume dan Rencana Anggaran Biaya ..	267
10.5	Rekapitulasi	270
DAFTAR PUSTAKA		xxv
LAMPIRAN		xxvi
BIODATA PENULIS		xxxvi

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

Gambar 1.1 Kondisi eksisting dermaga di Teluk Candrian.....	2
Gambar 1.2 Lokasi Teluk Candrian	10
Gambar 1.3 Lokasi jetty rencana di Teluk Candrian.....	11

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Gambar 2.1 Koefisien koreksi kecepatan terhadap perbedaan temperatur (RT).....	19
Gambar 2.2 Koefisien koreksi terhadap pencatatan kecepatan di darat	20
Gambar 2.3 Sketsa definisi gelombang	22
Gambar 2.4 Contoh penggambaran fetch	24
Gambar 2.5 Skema Non Fully Developen dan Fully Developed	26
Gambar 2.6 Refraksi Gelombang pada kontur lurus dan sejajar	35
Gambar 2.7 Gelombang tanpa mengalami difraksi	39
Gambar 2.8 Gelombang mengalami difraksi	39
Gambar 2.9 Diagram koefisien difraksi pada pemecah gelombang tunggal dengan sudut datangnya gelombang sebesar 75°	40
Gambar 2.10 Koefisien difraksi dua breakwater dengan GAP $B=2,95L$	41
Gambar 2.11 Porositas pemecah gelombang	48
Gambar 2.12 Potongan Penampang Non Overtopping Breakwater dengan Serangan Gelombang pada Satu Sisi	51
Gambar 2.13 Keruntuhan “ <i>Poinconnement</i> ”	56
Gambar 2.14 Koefisien daya dukung N_c dalam fungsi B/H (Randel dan Salenson)	57
Gambar 2.15 Alur pada belokan	63
Gambar 2.16 Lebar alur masuk kapal	64

BAB III PENGUMPULAN DATA DAN ANALISA

Gambar 3.1 Lokasi pengambilan data pasang surut.....	72
Gambar 3.2 Pembacaan pasang surut di Candrian, Kabupaten Banyuwangi.....	73
Gambar 3.3 Peta bathymetri kontur perairan sekitar Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi.....	76
Gambar 3.4 Lokasi titik potong untuk kondisi bathymetri Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi.....	77
Gambar 3.5 Potongan A-A kondisi bathymetri daratan Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi.....	78
Gambar 3.6 Potongan B-B kondisi bathymetri daratan Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi.....	78
Gambar 3.7 Potongan C-C kondisi bathymetri daratan Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi.....	79
Gambar 3.8 Google Earth ditindas dengan peta gradien kontur perairan di Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi	81
Gambar 3.9 Peta side scan perairan sekitar Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi	82
Gambar 3.10 Peta kondisi alam sekitar lokasi dermaga.....	83
Gambar 3.11 Windrose pada Lokasi Pelabuhan.....	85
Gambar 3.12 Windrose 10 tahunan dari Ketapang (kiri) dan Ngurah Rai (kanan)	90
Gambar 3.13 Fetch dari arah Timur	92
Gambar 3.14 Fetch dari arah Tenggara	93
Gambar 3.15 Fetch dari arah Selatan	94
Gambar 3.16 Pengukuran jarak lokasi ke Australia dengan <i>Google Earth</i> arah tenggara	98
Gambar 3.17 Pengukuran jarak lokasi ke Australia dengan <i>Google Earth</i> arah selatan	99
Gambar 3.18 Lokasi titik bore hole.....	111
Gambar 3.19 Nilai N-SPT gabungan terhadap kedalaman.....	116
Gambar 3.20 Stratigrafi lapisan tanah.....	117
Gambar 3.21 Peta percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun	120

Gambar 3.22 Peta percepatan spektrum respons 0,2 detik dibatuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun ..	121
Gambar 3.23 Peta percepatan spektrum respons 1,0 detik dibatuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun ..	122

BAB IV KRITERIA DESIGN

Gambar 4.1 Kapal LCT 1200 DWT	124
Gambar 4.2 Ekskavator komatsu PC800SE-7	126
Gambar 4.3 Dumptruk artukulasi 740D	126
Gambar 4.4 Crawler Crane 50 ton.....	127
Gambar 4.5 Ponton 230 feet dan tugboat	127
Gambar 4.6 Batu pecah sebagai material breakwater dan jetty.	128
Gambar 4.7 Kubus beton tanpa tulangan sebagai material breakwater dan jetty	128
Gambar 4.8 Tetrapod sebagai material breakwater dan jetty	129
Gambar 4.9 Bollard 20 ton	133
Gambar 4.10 Kapal LCT bertambat pada dermaga	134
Gambar 4.11 Dermaga yang melayani kapal LCT	135
Gambar 4.12 Dermaga dengan tipe timbunan yang melayani kapal LCT	135

BAB V PERENCANAAN BREAKWATER

Gambar 5.1 Sudut terhadap garis kontur (α°).....	139
Gambar 5.2 Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut	143
Gambar 5.3 Grafik hubungan berat butir dan tinggi gelombang pada head front side dengan rumus van der meer.....	153
Gambar 5.4 Grafik hubungan berat butir dan tinggi gelombang pada head back side dengan rumus van der meer.....	153
Gambar 5.5 Grafik hubungan berat butir dan tinggi gelombang pada trunk dengan rumus van der meer.....	154
Gambar 5.6 Grafik hubungan berat butir dan tinggi gelombang pada breakwater head dengan rumus hudson	157
Gambar 5.7 Grafik hubungan berat butir dan tinggi gelombang pada breakwater trunk dengan rumus hudson	157

Gambar 5.8 Dimensi Tetrapod	160
Gambar 5.9 Grafik penentuan nilai R_u/H untuk material tetrapod pada breakwater head	163
Gambar 5.10 Potongan melintang breakwater head front side..	164
Gambar 5.11 Potongan melintang breakwater head back side..	165

BAB VI STABILITAS BREAKWATER

Gambar 6.1 Posisi segmen breakwater yang digunakan dalam perhitungan stabilitas.....	168
Gambar 6.2 Parameter Tanah di bawah breakwater head	179
Gambar 6.3 Korelasi N_c terhadap sudut geser	180
Gambar 6.4 Permodelan breakwater pada elevasi air 15.10 m Lws	185
Gambar 6.5 Total displacement pada elevasi muka air 15.10 m Lws.....	186
Gambar 6.6 Permodelan breakwater kondisi air surut untuk pengecekan stabilitas terhadap gempa	187
Gambar 6.7 Total displacement pada kondisi gempa.....	188

BAB VII EVALUASI LAYOUT

Gambar 7.1 Layout eksisting dermaga di Teluk Candrian Banyuwangi.....	192
Gambar 7.2 Kondisi eksisting dermaga di Teluk Candrian Banyuwangi.....	193
Gambar 7.3 Hasil evaluasi layout perairan.....	209
Gambar 7.4 Ilustrasi posisi ramp pada saat pasang dan kapal ballast	211
Gambar 7.5 Ilustrasi posisi ramp pada saat surut dan kapal penuh muatan	213

BAB VIII PERENCANAAN JETTY

Gambar 8.1 Koordinat titik tinjau untuk koefisien difraksi.....	217
Gambar 8.2 Grafik KD untuk $B/L = 0.5$	218
Gambar 8.3 Grafik KD untuk $B/L = 1$	219

Gambar 8.4 Grafik hubungan berat dan tinggi gelombang pada jetty dengan rumus van der meer.....	225
Gambar 8.5 Grafik hubungan berat dan tinggi gelombang pada jetty dengan rumus hudson.....	228
Gambar 8.6 Kubus beton sebagai material ujung jetty.....	229
Gambar 8.7 Potongan jetty (A-A)	230
Gambar 8.8 Potongan jetty (B-B).....	230
Gambar 8.9 Potongan jetty (C-C).....	231
Gambar 8.10 Posisi segmen jetty yang digunakan dalam perhitungan stabilitas.....	231
Gambar 8.11 Parameter tanah di bawah jetty.....	233
Gambar 8.12 Permodelan struktur jetty dengan tambahan beban kendaraan.....	236
Gambar 8.13 Nilai SF struktur jetty dengan bantuan program Plaxis	237
Gambar 8.14 Total displacement pada elevasi muka air +2.75 mLws dengan beban kendaraan.....	238
Gambar 8.15 Nilai SF struktur jetty akibat gempa dengan bantuan program Plaxis	239
Gambar 8.16 Total displacement akibat gempa	240

BAB IX METODE PELAKSANAAN

Gambar 9.1 Pengangkutan material breakwater dengan ponton.....	246
Gambar 9.2 Lokasi akses dump truck	247
Gambar 9.3 Penempatan batuan untuk core layer	248
Gambar 9.4 Pengurukan material core layer dari sisi darat menggunakan dump truck	249
Gambar 9.5 (A) Pengurukan material core layer dari darat dan (B) Pengurukan material core layer dari sisi laut.....	249
Gambar 9.6 Pengurukan batuan dari darat	250
Gambar 9.7 Penghamparan batuan dari darat dan laut.....	251
Gambar 9.8 Pengangkutan dan penghamparan material melalui jalur laut.....	251
Gambar 9.9 (A) Pengurukan material secondary layer dari darat dan (B) Pengurukan material secondary layer dari sisi laut	252

Gambar 9.10 Peletakan tetrapod pada primary layer dari darat ke laut.....	253
Gambar 9.11 Letak lapangan penumpukan sementara.....	255
Gambar 9.12 Kondisi Eksisting Jetty	256
Gambar 9. 13 Pengurukan material jetty dengan excavator	257
Gambar 9.14 Proses perletakan kubus beton.....	259

DAFTAR TABEL

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tabel 2. 1 Parameter gelombang di laut dalam, transisi dan dangkal	21
Tabel 2. 2 Persamaan untuk Peramalan tinggi gelombang dengan menggunakan Metode SMB (SI).....	27
Tabel 2. 3 Tinggi gelombang maksimum tiap tahun.....	28
Tabel 2. 4 Perhitungan periode ulang gelombang menggunakan Metode Weibull.....	29
Tabel 2. 5 Tinggi gelombang berdasarkan periode ulang dengan Metode Weibull.....	31
Tabel 2. 6 Tinggi gelombang maksimum untuk bongkar muat muatan	43
Tabel 2. 7 Koefisien stabilitas KD untuk berbagai armour	47
Tabel 2. 8 Angka kerusakan material breakwater	49
Tabel 2. 9 Koefisien jumlah lapis material.....	52
Tabel 2. 10 Nilai modulus young dan koefisien poisson.....	55
Tabel 2. 11 Kebutuhan areal penjangkaran	59
Tabel 2. 12 Kedalaman area penjangkaran.....	61
Tabel 2. 13 Lebar jalur manuver	64
Tabel 2. 14 Lebar Tambahan (Wi)	65
Tabel 2. 15 Lebar Jalur Tepi	66
Tabel 2. 17 Hubungan diameter boulder dengan gaya tarik boulder.....	69
Tabel 2. 16 Gaya tarikan kapal.....	69

BAB III PENGUMPULAN DATA DAN ANALISA

Tabel 3. 1 Rekapitulasi arah dan kecepatan angin dari data windrose pada Stasiun Ketapang.....	86
Tabel 3. 2 Lanjutan rekapitulasi data kecepatan dan angin dari stasiun Ketapang	87
Tabel 3. 3 Rekapitulasi arah dan kecepatan angin dari data windrose pada Stasiun Ngurah Rai	87

Tabel 3. 4 Rekapitulasi arah dan kecepatan angin dari data windrose pada Stasiun Ngurah Rai.....	88
Tabel 3. 5 Lanjutan rekapitulasi data kecepatan dan angin dari stasiun Ngurah Rai	89
Tabel 3. 6 Panjang fetch efektif arah Timur, Tenggara dan Selatan	96
Tabel 3. 7 Analisa fully developed dan non fully developed	103
Tabel 3. 8 Hasil perhitungan gelombang St.Ngurah Rai	104
Tabel 3. 9 Tinggi gelombang maksimal dari nilai terbesar ke terkecil	104
Tabel 3. 10 Perhitungan regresi linear tinggi gelombang periode ulang metode weibull	106
Tabel 3. 11 Tinggi gelombang periode ulang metode weibull ..	108
Tabel 3. 12 Periode ulang gelombang	109
Tabel 3. 13 Koordinat titik bore hole	112
Tabel 3. 14 Hasil Bore Log BH-1.....	113
Tabel 3. 15 Hasil Bore Log BH-2.....	114
Tabel 3. 16 Hasil Bore Log BH-3.....	115
Tabel 3. 17 Parameter data tanah.....	118
Tabel 4. 1 Daftar alat berat yang akan digunakan untuk konstruksi breakwater dan jetty	125

BAB IV KRITERIA DESIGN

Tabel 4. 2 Gaya untuk bollard	130
Tabel 4. 3 Dimensi bollard	132

BAB V PERENCANAAN BREAKWATER

Tabel 5. 1 Perhitungan Refraksi	138
Tabel 5. 2 Tinggi gelombang rencana untuk setiap segmen breakwater	144
Tabel 5. 3 Rekapitulasi hasil perhitungan material Tetrapod ...	151
Tabel 5. 4 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone 2.65	152
Tabel 5. 5 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone 2.50	152

Tabel 5. 6 Rekapitulasi hasil perhitungan material Tetrapod....	156
Tabel 5. 7 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone 2.50.....	156
Tabel 5. 8 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone 2.65.....	156
Tabel 5. 9 Berat dan jenis material breakwater	158
Tabel 5. 10 Dimensi tetrapod	161
Tabel 5. 11 Pengecekan kondisi lebar puncak breakwater pada setiap segmen	163

BAB VI STABILITAS BREAKWATER

Tabel 6. 1 Data Material Breakwater	168
Tabel 6. 2 Borehole 3	170
Tabel 6. 3 Jenis Tanah pada Borehole 3.....	171
Tabel 6. 4 Korelasi tanah dari nilai SPT.....	171
Tabel 6. 5 Parameter tanah dari Biarez & Favre	172
Tabel 6. 6 Parameter modulus elastisitas tanah (E).....	173
Tabel 6. 7 Koefisien poisson untuk pasir dan lempung.....	174
Tabel 6. 8 Konsistensi tanah untuk jenis tanah lempung dan lanau	175
Tabel 6. 9 Korelasi untuk mencari sudut geser	176

BAB VII EVALUASI LAYOUT

Tabel 7. 1 Rekapitulasi layout eksisting dermaga di Teluk Candrian Banyuwangi	194
Tabel 7. 2 Komponen kedalaman dan perkiraan draft untuk desain	197
Tabel 7. 3 Lebar jalur manuver	199
Tabel 7. 4 Lebar jalur tambahan.....	201
Tabel 7. 5 Lebar jalur tepi	202
Tabel 7. 6 Kebutuhan kedalaman	203
Tabel 7. 7 Rekapitulasi layout perairan.....	208
Tabel 7. 8 Rekapitulasi hasil evaluasi jetty	214

BAB VIII PERENCANAAN JETTY

Tabel 8. 1 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone ($\gamma = 2,50 \text{ t/m}^3$)	224
Tabel 8. 2 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone ($\gamma = 2,65 \text{ t/m}^3$)	225
Tabel 8. 3 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone ($\gamma = 2,50 \text{ t/m}^3$)	227
Tabel 8. 4 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone ($\gamma = 2,65 \text{ t/m}^3$)	227
Tabel 8.5 Hasil perhitungan berat material jetty	230
Tabel 8. 6 Data tanah dari bore log 2	233
Tabel 8. 7 Rekapitulasi hasil analisa stabilitas jetty	241

BAB X RENCANA ANGGARAN BIAYA

Tabel 10. 1 Harga upah pekerja.....	261
Tabel 10. 2 Sewa Alat	262
Tabel 10. 3 Harga sewa alat.....	263
Tabel 10. 4 Analisa Harga Satuan	264
Tabel 10. 5 BOQ.....	268
Tabel 10. 6 Lanjutan.....	269
Tabel 10. 7 Rekapitulasi biaya konstruksi breakwater dan jetty.....	270

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyuwangi merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang memiliki luas wilayah sekitar 5.782,50 Km² dan memiliki panjang pantai 282 Km (Diskanla Banyuwangi ; 2013). Letak geografis Banyuwangi sangat strategis, berada di ujung paling timur Pulau Jawa yang merupakan pintu gerbang koridor ekonomi Jawa yang menghubungkan dengan koridor ekonomi Bali Nusa Tenggara, dan berbatasan dengan Kabupaten Situbondo disebelah utara, Selat Bali disebelah timur, Samudra Hindia disebelah selatan serta Kabupaten Jember dan Kabupaten Bondowoso disebelah barat. Kabupaten Banyuwangi terletak pada 7°45'15"LS - 8°43'2"LS dan 113°38'10"BT. Wilayah Kabupaten Banyuwangi ini cukup beragam, terdapat dataran rendah hingga pegunungan. Sehingga Kabupaten Banyuwangi memiliki sumber daya alam yang melimpah, mulai dari perkebunan (kopi, kelapa kopra, kelapa deres, tembakau, cocoa, tebu, cengkeh), perikanan, pertanian, dan pertambangan. Menurut penelitian yang dilakukan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM), di Kecamatan Pesanggaran terdapat Gunung Tumpang Pitu yang mengandung cadangan biji mencapai 9.600.000 ton; dengan kadar emas rata-rata 2,3 gr/ton; cadangan emas 320,8 ton. Emas tersebut ditemukan bersama logam lainnya seperti perak dan tembaga.

Untuk memanfaatkan sumber daya alam tersebut akan ada perusahaan pertambangan yang akan beroperasi di daerah Gunung Tumpang Pitu. Sebagai penunjang kegiatan operasional pada proyek tersebut, akan dilakukan pengadaan alat berat untuk mengangkut muatan kebutuhan operasional proses penambangan. Pengadaan alat berat tersebut direncanakan menggunakan kapal jenis *Landing Craft Tank* (LCT) yang proses bongkar muatnya dilakukan di Teluk Candrian. Kondisi tempat bongkar muat

(dermaga) existing yang ada di Teluk Candrian masih berupa timbunan tanah. Ujung dari dermaga existing ini berada di kedalaman sekitar $\pm 0,00$ mLWS sehingga menyulitkan kapal untuk bertambat Lihat Gambar 1. 1

Dengan kondisi tersebut yang mengacu dari masterplan, maka penulis merencanakan jetty yang nantinya mampu mengakomodasi proses bongkar muat kapal LCT 1.200 DWT. Selain merencanakan jetty penulis juga mengevaluasi layout daratan dan perairan, sehingga akomodasi dari kendaraan yang mengangkut hasil tambang dapat beroperasi dengan maksimal serta kapal dapat bertambat dengan baik dan aman.



Gambar 1. 1 Kondisi eksisting dermaga di Teluk Candrian

1.2 Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam perencanaan jetty untuk kapal LCT 1.200 DWT di Teluk Candrian, Banyuwangi – Jawa Timur adalah :

1. Kondisi tempat bongkar muat masih berupa timbunan tanah dan batuan, maka diperlukan perencanaan jetty untuk tempat bersandar kapal LCT 1200 DWT.
2. Ujung dari dermaga *existing* berada di kedalaman sekitar ± 0.00 mLWS sehingga menyulitkan kapal LCT untuk bertambat, perlu dilakukannya evaluasi layout perairan dan daratan agar dermaga dapat dipergunakan sesuai dengan kebutuhan.
3. Dermaga di Teluk Candrian Kabupaten Banyuwangi berada di deretan pantai selatan yang memiliki gelombang cukup tinggi, dibutuhkan *breakwater* untuk meredam energi dari gelombang dan diharapkan dermaga berada pada perairan yang tenang dengan tinggi gelombang yang tidak mengganggu proses bongkar muat dan sesuai batas persyaratan yang diijinkan.

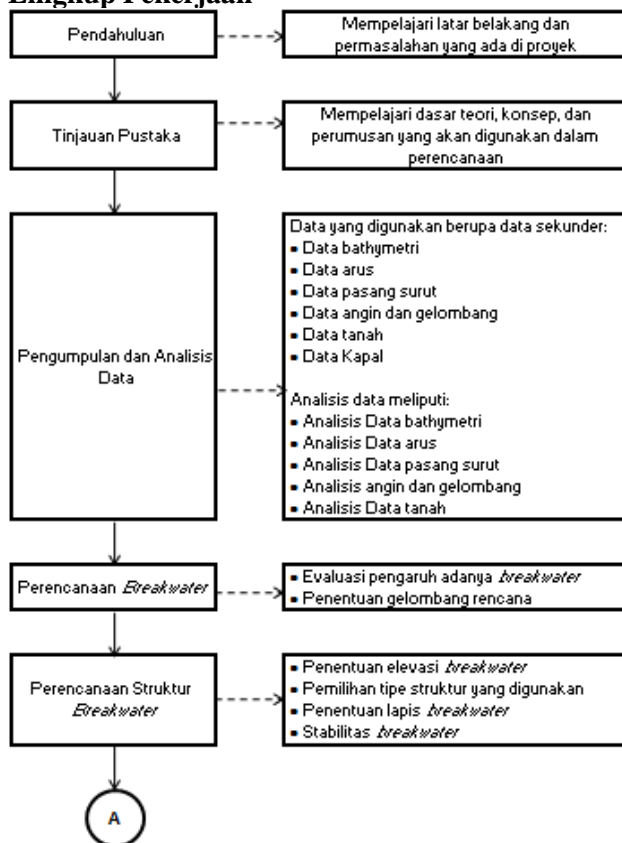
1.3 Batasan Masalah

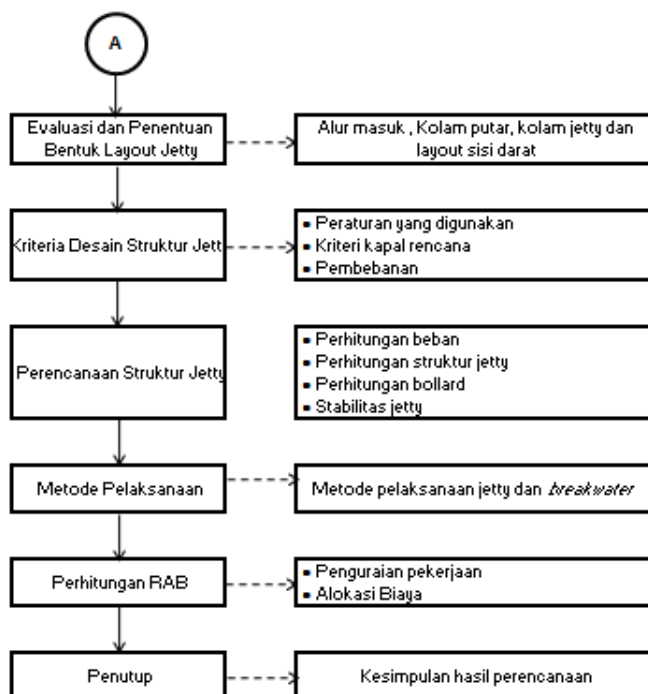
Dalam pengerjaan tugas akhir ini nantinya terdapat beberapa batasan masalah yang dipakai sebagai pedoman. Berikut ini adalah uraiannya :

1. Tidak memperhitungkan layout dan tidak merencanakan penempatan posisi *breakwater*.
2. Tidak memodelkan *breakwater* berdasarkan gelombang datang.
3. Tidak memperhitungkan besarnya sedimentasi yang terjadi disekitar *breakwater* dan dermaga.
4. Tidak merencanakan sistem navigasi pelayaran.
5. Perhitungan gempa untuk *breakwater* dan dermaga (jetty) hanya dengan bantuan software (Plaxis)

6. Tidak memperhitungkan adanya pengaruh tsunami terhadap breakwater dan dermaga.

1.4 Lingkup Pekerjaan





Keterangan diagram alir dalam lingkup pekerjaan diatas adalah sebagai berikut :

1. Pendahuluan

Mempelajari tentang:

- Latar belakang
- Rumusan masalah
- Batasan masalah
- Lingkup pekerjaan
- Tujuan penelitian
- Manfaat penelitian
- Lokasi pekerjaan

2. Tinjauan pustaka

Tinjauan pustaka merupakan tahap pengumpulan dasar teori, konsep dan perumusan yang akan dipakai dalam perencanaan.

- Data dan Analisis
- *Breakwater*
- Stabilitas *breakwater*
- Jetty
- Stabilitas jetty
- Boulder

3. Pengumpulan dan analisis data

Data yang digunakan untuk perencanaan adalah data sekunder, yaitu:

- Data bathymetri
- Data arus
- Data pasang surut
- Data angin dan gelombang
- Data tanah
- Data kapal
- Data gempa

Analisis data yang dilakukan meliputi :

- Analisis data bathymetri
- Analisis data arus
- Analisis data pasang surut
- Analisis angin dan gelombang
- Analisis data tanah
- Analisis data gempa

4. Evaluasi *breakwater*

Evaluasi breakwater terhadap *masterplan* yang ada.

5. Perencanaan geometric dan elemen *breakwater*.

Perencanaan ini meliputi:

- Penentuan tinggi gelombang rencana dengan mengolah data angin
- Pemilihan tipe struktur *breakwater* yang efektif dan efisien
- Penentuan potongan penampang serta armour *breakwater*

6. Stabilitas *breakwater*

Memperhitungkan stabilitas terhadap sliding dan settlement.

7. Evaluasi dan penentuan bentuk layout dermaga

Evaluasi layout yang dilakukan adalah elevasi layout yang meliputi evaluasi layout perairan. Evaluasi layout perairan yang dilakukan meliputi :

- Perencanaan alur masuk
- Perencanaan kolam putar
- Perencanaan kolam

Evaluasi layout dermaga yang dilakukan meliputi :

- Evaluasi layout dermaga untuk kapal LCT 1.200 DWT yang disesuaikan dengan kebutuhan rencana

8. Kriteria desain struktur dermaga
Merupakan tahap penentuan elevasi dan jenis material yang digunakan agar sesuai dengan kapal yang bertambat, dan penentuan standart yang dipakai.
9. Perencanaan struktur dermaga
 - Perhitungan jenis material yang akan digunakan untuk struktur jetty
 - Perhitungan bollard
10. Stabilitas Jetty
Memperhitungkan stabilitas terhadap sliding dan settlement.
11. Metode pelaksanaan
Adapun metode-metode yang direncanakan adalah metode pelaksanaan breakwater dan jetty.
12. Perhitungan RAB
Analisis ini dilakukan sesuai dengan gambar dan kebutuhan yang ada. Tahapan dari analisis ini yaitu :
 - Perhitungan volume pekerjaan
 - Harga material dan upah
 - Analisis harga satuan
 - Perhitungan rencana anggaran biaya
13. Kesimpulan hasil rencana
Melampirkan kesimpulan dari hasil perencanaan breakwater dan jetty untuk kapal LCT 1200 DWT, penentuan metode pelaksanaan dan perhitungan rencana anggaran biaya dan stabilitas.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari pembahasan tugas akhir ini adalah :

1. Mampu merencanakan struktur jetty untuk bongkar muat kapal LCT 1200 DWT.
2. Mampu merencanakan layout daratan dan perairan yang baik untuk muatan *general cargo*.
3. Mampu merencanakan struktur *breakwater* yang mampu melindungi dermaga dari pengaruh gelombang.

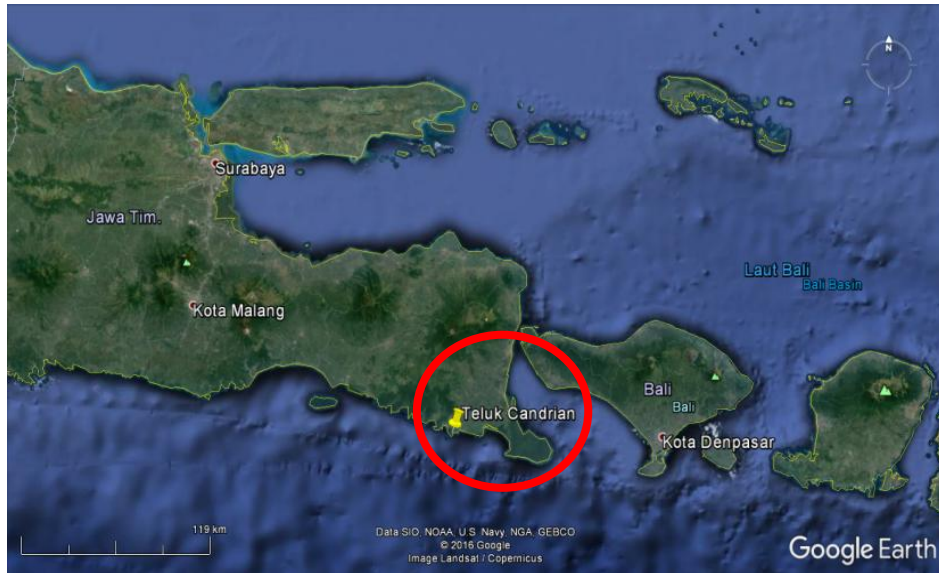
1.5 Manfaat Penelitian

Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dari suatu permasalahan, memiliki tujuan yang jelas dan dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Manfaat dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan gambaran tentang perencanaan pembangunan breakwater dan jetty untuk kapal LCT 1.200 DWT untuk instansi terkait di Banyuwangi.
2. Sebagai referensi bagi mahasiswa yang akan merencanakan dan melaksanakan proyek serupa.

1.6 Lokasi Pekerjaan

Lokasi dari pekerjaan ini berada di Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur. Posisi lokasi ditandai dengan patok *Bench Marks* (BM) dengan koordinat BM1 (9043923.856 N, 175255.548 E. Elevasi : 4.842 m LWL) dan BM2 (9044086.676 N, 175507.847 E. Elevasi : 3.911 m LWL). Lokasi pelabuhan dapat dilihat pada Gambar 1. 2 dan Gambar 1. 3.



Gambar 1. 2 Lokasi Teluk Candrian
(Sumber : Google Earth 2017)



Gambar 1. 3 Lokasi jetty rencana di Teluk Candrian
(Sumber : Google Earth 2017)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Menurut Undang-Undang No.17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, disebutkan bahwa pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusaha yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi.

Menurut Peraturan Pemerintah No.64 Tahun 2015 tentang Kepelabuhanan, disebutkan bahwa terminal adalah fasilitas pelabuhan yang terdiri atas kolam sandar dan tempat kapal bersandar atau tambat, tempat penumpukan, tempat menunggu dan naik turun penumpang, dan/atau tempat bongkar muat barang. Terminal dalam kepelabuhanan dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu terminal khusus dan terminal untuk kepentingan sendiri. Terminal khusus adalah terminal yang terletak di luar Daerah Lingkungan Kerja dan Daerah Lingkungan Kepentingan pelabuhan yang merupakan bagian dari pelabuhan terdekat untuk melayani kepentingan sendiri sesuai dengan usaha pokoknya. Sedangkan, terminal untuk kepentingan sendiri adalah terminal yang terletak di dalam Daerah Lingkungan Kerja dan Daerah Lingkungan Kepentingan pelabuhan untuk melayani kepentingan sendiri sesuai dengan usaha pokoknya. Untuk pengertian dari Daerah Lingkungan Kerja (DLKr) adalah wilayah perairan dan daratan pada pelabuhan atau terminal khusus yang digunakan secara langsung untuk kegiatan pelabuhan. Daerah Lingkungan Kepentingan pelabuhan (DLKp) adalah perairan disekeliling

daerah lingkungan kerja perairan pelabuhan yang dipergunakan untuk menjamin keselamatan pelayaran.

2.2 Data dan Analisis

Dalam sub bab data dan analisis ini akan dijelaskan mengenai data bathymetri, data pasang surut, data arus, data angin dan data gelombang. Berikut adalah penjelasannya:

2.2.1 Data Bathymetri

Data bathymetri berfungsi untuk mengetahui kedalaman dasar laut maupun dasar sungai sehingga kapal aman untuk bermanuver dan perencanaan struktur dermaga dapat dilakukan secara tepat. Peta bathymetri menunjukkan kontur kedalaman dasar laut diukur dari posisi 0.00 m LWS atau pada beberapa peta untuk keperluan tertentu digunakan patokan 0.00 m CD (*Chart Datum = MSL*).

Adapun penggunaan dari peta bathymetri ini adalah untuk:

- Mengetahui kedalaman perairan dan bentuk kontur dasar laut sehingga dapat digunakan untuk merencanakan kedalaman perairan yang aman bagi kapal.
- Mengetahui tingkat kelandaian dasar laut sehingga dapat digunakan penentuan tipe dermaga yang sesuai.
- Berguna untuk menentukan elevasi rencana dermaga.
- Menentukan volume pengurukan yang dibutuhkan sesuai kedalaman perairan yang ada.

Pembuatan peta bathymetri merupakan kegiatan pengumpulan data kedalaman dasar laut dengan metode penginderaan atau rekaman dari permukaan dasar perairan, yang akan diolah untuk menghasilkan relief dasar perairan, sehingga dapat digambarkan susunan dari garis-garis kedalaman (kontur). Pemetaan kondisi dasar perairan tersebut dikonversikan dalam keadaan surut terendah atau LWS (*Low Water Surface*).

Dalam penentuan peta bathymetri dapat menggunakan beberapa metode. Metode yang digunakan antara lain menggunakan Theodolit atau EDM (*Electronic Data*

Measurement) dan GPS (*Global Positioning System*) yang digunakan untuk alat ukur jarak jauh. Sedangkan alat ukur untuk menentukan kedalaman menggunakan Echosounder beserta alat bantu lainnya. Hasil dari pemetaan bathymetry merupakan garis garis kontur.

2.2.2 Data Arus

Pada umumnya arus yang terjadi di sepanjang pantai disebabkan oleh perbedaan muka air pasang surut antara satu lokasi dengan lokasi yang lain, sehingga perilaku arus dipengaruhi pola pasang surut arus terjadi akibat adanya perubahan ketinggian permukaan air laut. Perubahan tersebut akan menyebabkan pergerakan air secara horisontal.

Salah satu metode untuk mendapatkan kecepatan arus adalah dengan menggunakan alat *Currentmeter*. Pengambilan data dilakukan sedikitnya di tiga titik secara bersamaan, agar pola arus yang ada dapat terwakili. Setiap pengukuran dilakukan dalam tiga pengamatan, yaitu pada kedalaman 0.2d, 0.6d, dan 0.8d dimana d adalah kedalaman perairan pada posisi pengukuran.

Kegunaan data arus pada perencanaan pelabuhan untuk:

- Menghindari pengaruh tekanan arus berarah tegak lurus kapal (*cross currents*), agar dapat bermanuver dengan cepat dan mudah dan mengetahui frekuensi arah dan kecepatan arus terhadap pola aliran pasang surut
- Pada pelabuhan yang berada pada sungai, data arus digunakan untuk menghitung sediment transport.

2.2.3 Data Pasang Surut

Pasang surut adalah fenomena fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu secara periodik yang disebabkan oleh adanya pengaruh gaya tarik matahari terhadap bumi dan terhadap bulan, sedangkan pengaruh bintang serta benda angkasa lain yang relatif kecil. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi

jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari.

Dalam perencanaan pelabuhan data pasang surut digunakan untuk mengetahui elevasi tertinggi dan terendah muka air laut. Tinggi Pasang surut dapat ditentukan dengan melihat selisih elevasi tertinggi (pasang) dan elevasi terendah (surut) air laut yang diamati selama kurang lebih satu bulan. Variasi muka air akibat fenomena pasang surut ini menimbulkan arus bergerak dari daerah yang memiliki elevasi muka air tinggi ke rendah yang disebut dengan arus pasang surut. Pada umumnya elevasi tertinggi atau elevasi muka air pasang digunakan untuk menentukan elevasi dermaga maupun breakwater. Sedangkan nilai elevasi terendah atau elevasi muka air surut digunakan untuk menentukan alur kedalaman dalam pelayaran.

Terdapat 4 posisi penting dari siklus perputaran Matahari, Bumi dan Bulan yang mempengaruhi terjadinya pasang surut, yaitu:

- a. Bulan Seperempat (*First Quarter*) : Bulan ada pada sudut 90° dari garis bumi dan matahari menimbulkan rangkaian pasang surut Neap atau *Neap tide*.
- b. Bulan Penuh (*Full Moon*) : Bulan, Bumi dan Matahari berada dalam satu garis menghasilkan rangkaian pasang surut Spring atau *Spring tide*.
- c. Bulan Tiga perempat (*Third Quarter*) : Bulan ada pada sudut 90° dari garis bumi dan matahari menimbulkan rangkaian pasang surut Neap atau *Neap tide*.
- d. Bulan Mati atau bulan baru (*New Moon*) : Bulan, Bumi dan Matahari berada dalam satu garis menghasilkan rangkaian pasang surut Spring atau *Spring tide*.

Spring tide merupakan rangkaian perubahan muka air pasang surut dengan perbedaan antara elevasi pasang dan surut relatif tinggi. *Neap tide* menghasilkan perbedaan antara elevasi pasang dan surut relatif rendah dan dengan rangkaian lama kejadian baik neap maupun spring tide sekitar 4 sampai 6 hari.

Siklus perputaran bulan mengelilingi bumi terjadi selama sekitar 30 hari tetapi siklus *spring* dan *neap tide* terjadi setiap 15 hari sekali. Sedang perputaran bulan mengelilingi bumi dan perputaran bumi sendiri menghasilkan perubahan permukaan air yang membentuk pasang surut harian.

Berdasarkan periodenya, Siklus pasang surut secara umum dibedakan menjadi 4 type yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), harian ganda (*semidiurnal tide*) dan campuran.

- Pasang harian tunggal (*diurnal*) bila terjadi 1 kali pasang dan surut dalam sehari sehingga dalam satu periode berlangsung sekitar 12 jam 50 menit.
- Pasang harian ganda (*semi diurnal*) bila terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam sehari.
- Pasang surut campuran (*mixed*) : baik dengan didominasi semi diurnal maupun diurnal.

Perubahan pasang surut seiring dengan perubahan posisi diantara matahari, bumi dan bulan. Akibat adanya fenomena pasang surut tersebut maka elevasi muka air laut selalu berubah secara periodik. Untuk itu diperlukan suatu elevasi yang dapat dijadikan sebagai pedoman didalam perencanaan suatu pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah elevasi permukaan air tertinggi (HWS), elevasi muka air rata-rata (MSL), elevasi muka air terendah (LWS).

Data pasang surut dipergunakan untuk melengkapi kebutuhan penggambaran peta bathymetri (peta kontur kedalaman laut), dan mengetahui posisi muka air laut absolut terendah, dan pola pasang surutnya. Selanjutnya posisi air surut terendah berdasar pola pasang surut setempat digunakan sebagai acuan untuk penetapan elevasi kontur tanah dan elevasi seluruh bangunan, sehingga kondisi kedalaman perairan dan elevasi posisi kering dari struktur dan wilayah darat dapat ditentukan.

Komponen penting yang perlu diketahui sebagai hasil analisis data pasang surut adalah:

- LWS (*Low water Spring*) merupakan hasil perhitungan level muka air rata-rata terendah (surut) sering disebut juga MLWS (*Mean Low Water Surface*).
- MSL (*Mean Sea Level*) adalah elevasi rata-rata muka air pada kedudukan pertengahan antara muka air terendah dan tertinggi.
- HWS (*High Water Spring*) adalah elevasi rata-rata muka air tertinggi(pasang) disebut juga MHWS (*mean high water surface*).

2.2.4 Data Angin

Angin merupakan unsur pembentuk gelombang yang paling dominan. Dengan adanya angin, permukaan air laut yang tenang akan mengalami gangguan pada permukaannya sehingga menimbulkan riak gelombang kecil. Bertambahnya kecepatan angin berakibat pada riak gelombang yang semakin besar.

Adapun kegunaan data angin diantaranya adalah:

- Mengetahui distribusi arah dan kecepatan angin yang terjadi tepat di rencana lokasi pelabuhan.
- Perhitungan analisis gelombang.

Pada umumnya data angin yang diperoleh adalah data angin yang berasal dari darat, pada rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data angin yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu, data yang didapat dari pengukuran di darat ditransformasikan menjadi data angin di atas permukaan laut.

Kecepatan angin yang akan dipergunakan untuk peramalan gelombang adalah :

$$U = R_T \cdot R_L (U_{10})_L \quad (2.1)$$

Dimana :

R_T = Koreksi akibat perbedaan temperatur antara udara dan air
Untuk koefisien koreksi terhadap temperatur dapat dilihat pada Gambar 2. 1

R_L = Koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat

Untuk koefisien koreksi terhadap temperatur dapat dilihat pada Gambar 2. 2

$(U_{10})_L$ = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas tanah (land)

Koreksi antara data angin di darat dan di atas permukaan laut dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad (2.2)$$

Dimana :

R_L = Faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat

U_W = Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/dt)

U_L = kecepatan angin di atas daratan (m/dt)

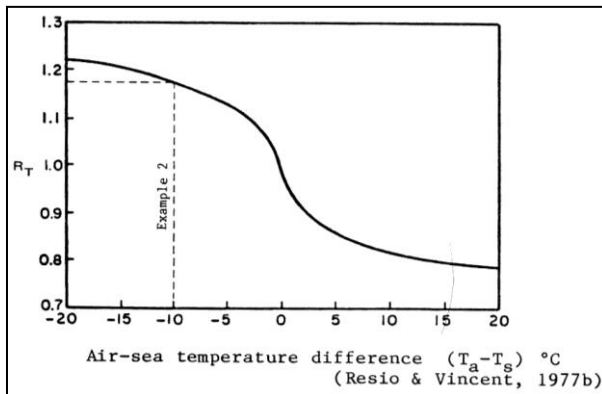
Untuk menggunakan grafik yang ada pada buku Shore Protection Manual (1984), kecepatan angin tersebut masih harus dirubah ke faktor tegangan angin U_A (wind-stress factor):

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \quad (2.3)$$

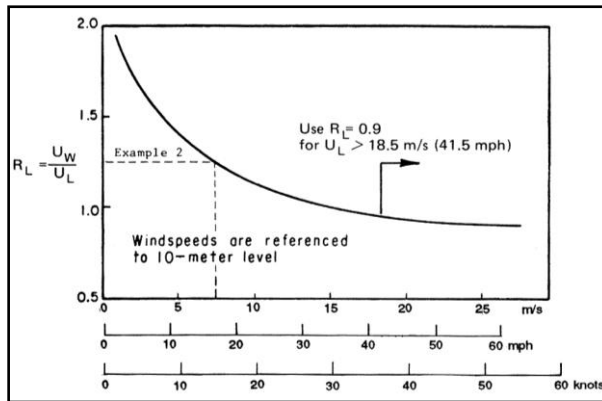
Dimana :

U = kecepatan angin dalam m/det.

U_A = faktor tegangan angin (wind stress factor)



Gambar 2. 1 Koefisien koreksi kecepatan terhadap perbedaan temperatur (RT)
(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)



Gambar 2. 2 Koefisien koreksi terhadap pencatatan kecepatan di darat

(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

2.2.5 Data Gelombang

Data gelombang merupakan faktor terpenting dalam perencanaan dermaga, breakwater maupun bangunan pantai lainnya. Gelombang dapat dipengaruhi beberapa hal antara lain: angin, pasang surut, gunung meletus atau gempa, kapal yang bergerak dan lain sebagainya, dari beberapa hal faktor penyebab terciptanya gelombang yang paling utama adalah gelombang yang disebabkan angin dan pasang surut. Gelombang akan menimbulkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pelabuhan. Selain itu gelombang juga bisa menimbulkan arus, transpor sedimen di daerah pantai dan berpengaruh pada ketenangan di perairan pelabuhan.

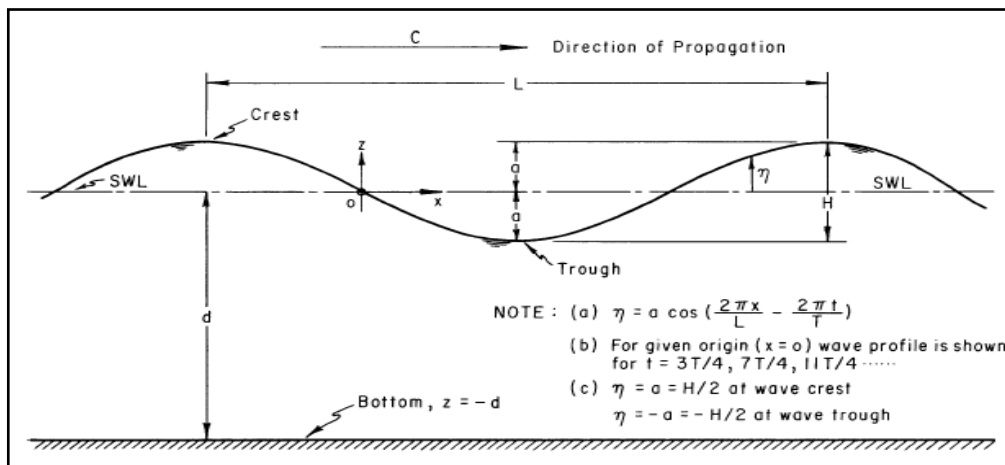
Salah satu penyebab terjadinya gelombang adalah karena angin. Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air dan panjang gelombang (d/L), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu : gelombang di laut dangkal, gelombang di laut transisi dan gelombang di laut dalam.

Perbedaan dari masing-masing gelombang dijelaskan pada Tabel 2. 1 berikut ini :

Tabel 2. 1 Parameter gelombang di laut dalam, transisi dan dangkal

Classification	d/L	$2\pi d/L$	$\tanh (2\pi d/L)$
Deep water	$> 1/2$	$> \pi$	≈ 1
Transitional	$1/25$ to $1/2$	$1/4$ to π	$\tanh (2\pi d/L)$
Shallow water	$< 1/25$	$< 1/4$	$\approx 2\pi d/L$

(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)



Gambar 2. 3 Sketsa definisi gelombang
 (Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

Gambar 2. 3 menunjukkan suatu gelombang yang berada pada system koordinat x-y. Gelombang menjalar pada arah sumbu x. Beberapa notasi yang digunakan adalah:

- d = Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut)
- η = Fluktuasi muka air terhadap muka air diam
- a = Amplitudo
- H = Tinggi gelombang
- L = Panjang gelombang, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan
- T = Periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.
- C = Kecepatan rambat gelombang = L/T
- k = Angka gelombang = $2\pi/L$
- σ = Frekuensi gelombang = $2\pi/T$

2.2.6 Analisis Gelombang

Pada sub bab analisis gelombang terdapat beberapa hal yang akan dibahas, diantaranya: daerah pembangkitan gelombang (Fetch), tinggi dan periode gelombang di laut dalam, dan tinggi gelombang rencana.

2.2.6.1 Fetch

Di dalam pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin.

$$F_{\text{eff}} = \frac{\Sigma(X_1 \cos \alpha_1)}{\Sigma \cos \alpha_1} \quad (2.4)$$

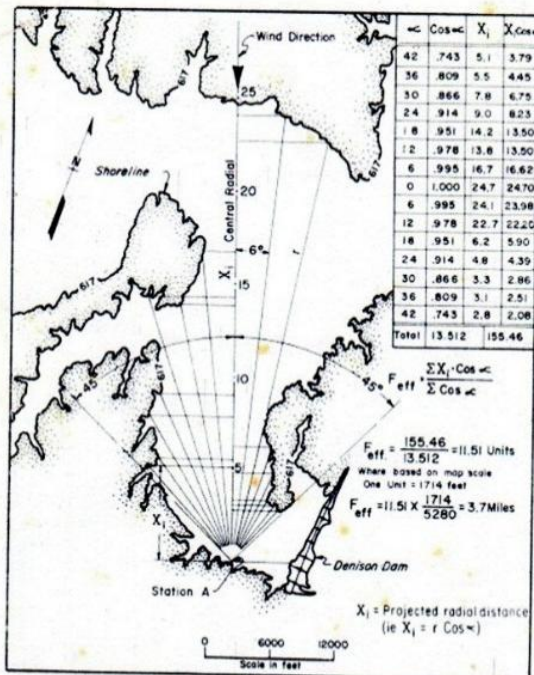
Dimana :

F_{eff} = Fetch rerata efektif

X_i = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch

α_i = Deviasi pada kedua sisi arah angin dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut 42° pada kedua sisi dari arah angin

Untuk lebih jelasnya contoh penggambaran fetch dapat dilihat pada Gambar 2. 4



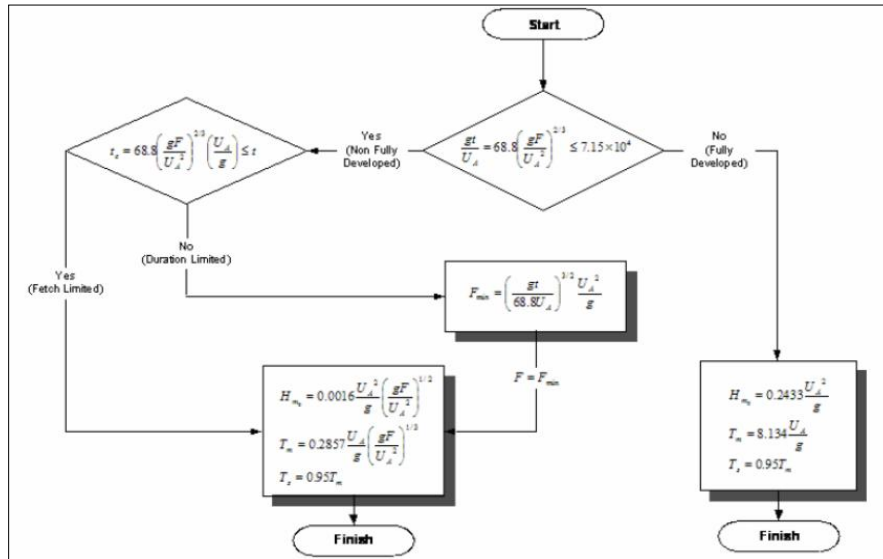
Gambar 2. 4 Contoh penggambaran fetch

(Sumber: OCDI 2002)

2.2.6.2 Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam

Besarnya tinggi dan periode gelombang dilaut dalam ini didapatkan dari hasil analisis data angin yang didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika dengan panjang fetch efektif yang sudah diperhitungkan sebelumnya. Perhitungan tinggi gelombang yang terjadi di laut dalam menggunakan metode Sverdrup Munk Bretschneider (SMB) yang telah dimodifikasi (Shore Protection Manual, 1984). Perumusan metode SMB dapat dilihat pada Tabel 2. 2. Pada tabel tersebut ada 2 klasifikasi perhitungan yaitu berdasarkan Fetch Limited dan Fully Developed. (catatan satuan yang digunakan adalah satuan SI dengan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$) lihat Gambar 2. 5

Pemilihan rumus untuk peramalan tinggi dan periode gelombang harus memperhatikan kondisi lapangan, sehingga hasil dari pendekatan hitungan secara empiris bisa logis dan sesuai dengan kondisi yang ada. Perumusan berdasarkan kondisi fetch limited digunakan bila pantai tertutup oleh penghalang (pulau atau teluk). Sedangkan perumusan berdasarkan kondisi Fully Developed Sea digunakan bila pantai berhubungan dengan laut bebas yang tidak ada penghalangnya. Apabila hasil perhitungan berdasarkan kondisi *Fully Developed Sea* didapatkan durasi gelombang yang sangat besar, maka harus dikoreksi terhadap nomogram dari SPM agar sesuai dengan kondisi lapangan.



Gambar 2. 5 Skema Non Fully Developen dan Fully Developed

Tabel 2. 2 Persamaan untuk Peramalan tinggi gelombang dengan menggunakan Metode SMB (SI)

Dimensionless	Metric Units	
	H(m), T(s), U _A (m/s), F(m), t(s)	H(m), T(s), U _A (m/s), F(km), t(hr)
<u>FETCH LIMITED, (F, U)</u>		
$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2} \quad (3-33)$	$H_{m0} = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2} \quad (3-33a)$	$H_{m0} = 1.616 \times 10^{-2} U_A F^{1/2} \quad (3-33b)$
$\frac{gT_m}{U_A} = 2.857 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3} \quad (3-34)$	$T_m = 6.238 \times 10^{-2} (U_A F)^{1/3} \quad (3-34a)$	$T_m = 6.238 \times 10^{-1} (U_A F)^{1/3} \quad (3-34b)$
$\frac{gt}{U_A} = 6.88 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (3-35)$	$t = 3.215 \times 10^1 \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \quad (3-35a)$	$t = 8.93 \times 10^{-1} \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \quad (3-35b)$
<u>FULLY DEVELOPED</u>		
$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 2.433 \times 10^{-1} \quad (3-36)$	$H_{m0} = 2.482 \times 10^{-2} U_A^2 \quad (3-36a)$	$H_{m0} = 2.4821 \times 10^{-2} U_A^2 \quad (3-36b)$
$\frac{gT_m}{U_A} = 8.134 \quad (3-37)$	$T_m = 8.30 \times 10^{-1} U_A \quad (3-37a)$	$T_m = 8.30 \times 10^{-1} U_A \quad (3-37b)$
$\frac{gt}{U_A} = 7.15 \times 10^4 \quad (3-38)$	$t = 7.296 \times 10^3 U_A \quad (3-38a)$	$t = 2.027 U_A \quad (3-38b)$
<u>NOTATIONS</u>	$g = 9.8 \text{ m/s}^2$ $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 1 kilometer = 1000 m 1 hour = 3600 s	

(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

2.2.6.3 Tinggi Gelombang Rencana

Gelombang yang dihitung pada pembahasan sebelumnya merupakan tinggi gelombang pada laut dalam yang datanya merupakan hasil analisis dari kecepatan dan arah angin yang telah tercatat beberapa tahun secara urut sebelum breakwater atau pelabuhan dibuat. Untuk menentukan tinggi gelombang rencana ini, maka hasil tinggi gelombang yang didapat sebelumnya dihitung menggunakan metode Weibull. Berikut ini merupakan penjabaran langkah-langkah pengerjaannya serta penjelasannya, dapat dilihat pada Tabel 2. 3 , Tabel 2. 4 dan Tabel 2. 5

Tabel 2. 3 Tinggi gelombang maksimum tiap tahun

Tahun ke-	H gel	T	Arah
	(m)	(dt)	
2008	0.92	4.60	Tenggara
2009	1.43	5.48	Tenggara
<i>s/d</i>			
2016	0.59	3.86	Tenggara
2017	0.6	3.86	Tenggara

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)

Tabel 2. 4 Perhitungan periode ulang gelombang menggunakan Metode Weibull

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	H _{sm}	P	y _m	H _{sm} x y _m	y _m ²	(H _{sm} -H _r) ²	H _r	H _{sm} -H _r	(H _{sm} -H _r) ²
1	2.02	0.949	4.852	9.801	23.540	0.817	2.286	-0.266	0.071
2	1.61	0.850	2.525	4.065	6.375	0.244	1.544	0.066	0.004
3	1.43	0.750	1.608	2.300	2.586	0.099	1.252	0.178	0.032
dst...									

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)

Langkah-langkah perhitungan Tabel 2. 4:

1. Kolom 1, nomor urut tinggi gelombang signifikan selama 10 tahun
2. Kolom 2, data gelombang yang diurutkan dari besar ke kecil berdasarkan kolom 1.
3. Kolom 3, nilai $P(H_s \leq H_{sm})$ yang dihitung berdasarkan persamaan

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 + \frac{m - 0.2 - \frac{0.22}{\sqrt{k}}}{N_T + 0.2 + \frac{0.22}{\sqrt{k}}} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$P(H_s \leq H_{sm})$ = Probabilitas tinggi gelombang dengan nilai tertentu yang tidak di lampau

H_s = Tinggi Gelombang representatif

H_{sm} = Tinggi Gelombang dengan nilai tertentu

N_T = Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

K = Parameter bentuk untuk Weibul

4. Kolom 4, nilai Y_m dihitung menggunakan persamaan :

$$Y_m = [-\ln\{1 - F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/k} \quad (2.6)$$

5. Kolom 5, kolom 2 dikalikan dengan kolom 4, Seperti berikut : $H_{sm} \cdot Y_m$
6. Kolom 6, kolom 4 dikuadratkan, y_m^2 . Kolom 5 dan 6 ini digunakan untuk menghitung parameter A dan B.

$$A = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum Y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum Y_m)^2} \quad (2.7)$$

$$B = H_{msm} - A y_{mm} \quad (2.8)$$

$$H_{sm} = A \cdot y_m + B \quad (2.9)$$

Dengan :

H_{msm} = Rata-rata tinggi gelombang dengan nilai tertentu

y_{mm} = Rata-rata y_m

7. Kolom 7, digunakan untuk menghitung deviasi standard gelombang signifikan (σ_{Hs})
Untuk mendapatkan hasil di kolom 7 sebagai berikut :
Kolom 2 dikurangi nilai H_r kemudian hasil dari pengurangan tersebut dikuadratkan.

8. Kolom 8, perkiraan tinggi gelombang yang dihitung dengan persamaan regresi linier yang dihasilkan dari,
 $H_{sm} = A \cdot y_m + B$ (2.10)

9. Kolom 9, kolom 2 dikurangi kolom 8. Setelah itu dapat dihitung besarnya deviasi standard gelombang signifikan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_{Hs} = \left[\frac{1}{N-1} \sum_1^N (H_{sm} - H_{msm})^2 \right]^{1/2} \quad (2.11)$$

Tabel 2. 5 Tinggi gelombang berdasarkan periode ulang dengan Metode Weibull

Periode Ulang (th)	Yr	Hsr (m)	σ_{nr}	σ_r	Hsr - 1,28 σ_r	Hsr + 1,28 σ_r
2	0.588	0.926	0.336	0.155	0.727	1.125
5	1.993	1.374	1.011	0.467	0.777	1.972
10	3.349	1.807	1.805	0.834	0.739	2.874
25	5.443	2.474	3.054	1.412	0.668	4.281
50	7.220	3.041	4.121	1.905	0.604	5.479
100	9.146	3.656	5.279	2.439	0.533	6.778

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)

Langkah-langkah perhitungan Tabel 2. 5:

1. Kolom 1, urutan periode ulang yang akan dihitung
2. Kolom 2, menghitung fungsi distribusi probabilitas tiap periode ulang.

$$Y_r = [\ln(L \cdot T_r)]^{1/k} \quad (2.12)$$

$$L = \frac{N_T}{K} \quad (2.13)$$

Dimana :

Tr = Periode ulang

K = Panjang data

L = Rerata jumlah kejadian per tahun

3. Kolom 3, perhitungan tinggi gelombang signifikan untuk tiap periode ulang.

$$\mathbf{H_{sr} = A \cdot y_r + B} \quad (2.14)$$

4. Kolom 4

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} \left[1 + \alpha (y_r - c + \varepsilon \cdot \ln v)^2 \right]^{1/2} \quad (2.15)$$

σ_{nr} = Standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang Tr

5. Kolom 5

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \times \sigma_{H5} \quad (2.16)$$

σ_r = Kesalahan standard dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang Tr. Pada perhitungan ini digunakan interval keyakinan sebesar 80%.

6. Kolom 6, kolom 3 dikurangi dengan 1.28 dikali kolom 5.

$$\mathbf{H_{sr} - 1.28 \times \sigma_r} \quad (2.17)$$

7. Kolom 7, kolom 3 ditambah dengan 1.28 dikali kolom 5.

$$\mathbf{H_{sr} + 1.28 \times \sigma_r} \quad (2.18)$$

Dari langkah tersebut didapatkan tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang 2 th ; 5 th ; 10 th ; 25 th ; 50 th ; 100 th.

2.2.7 Deformasi Gelombang

Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah.

2.2.7.1 Refraksi Gelombang

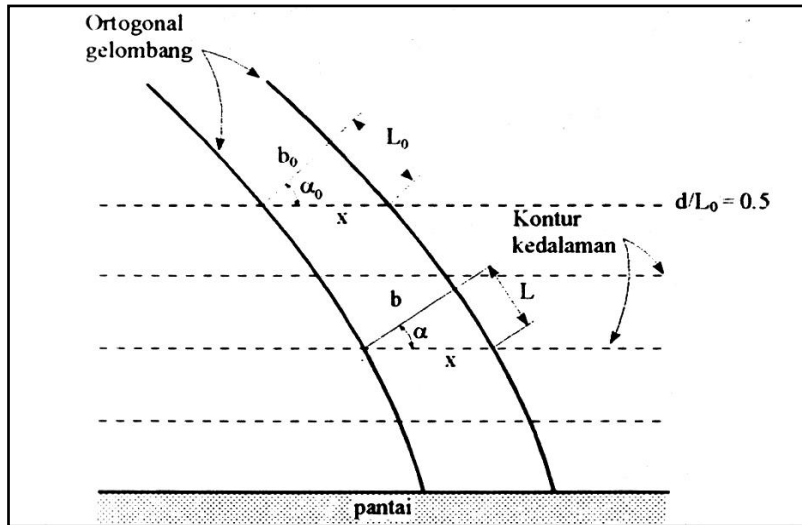
Kecepatan rambat gelombang tergantung pada kedalaman air dimana gelombang menjalar. Apabila cepat rambat gelombang berkurang dengan kedalaman, panjang gelombang juga berkurang secara linier. Variasi cepat rambat gelombang terjadi di sepanjang garis puncak gelombang yang bergerak dengan membentuk suatu sudut terhadap garis kedalaman laut, karena bagian dari gelombang di laut dalam bergerak lebih cepat daripada bagian di laut yang lebih dangkal. Variasi tersebut menyebabkan puncak gelombang membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut.

Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai.

Anggapan-anggapan yang digunakan dalam studi refraksi adalah sebagai berikut ini:

- a. Energi gelombang antara dua ortogonal adalah konstan.
- b. Arah penjalaran gelombang tegak lurus pada puncak gelombang, yaitu dalam arah ortogonal gelombang.
- c. Cepat rambat gelombang yang mempunyai periode tertentu di suatu tempat hanya tergantung pada kedalaman di tempat tersebut.
- d. Perubahan topografi dasar adalah berangsur-angsur.

- e. Gelombang mempunyai puncak yang panjang, periode konstan, amplitudo kecil dan monokhromatik.
- f. Pengaruh arus, angin dan refleksi dari pantai dan perubahan topografi dasar laut diabaikan.



Gambar 2. 6 Refraksi Gelombang pada kontur lurus dan sejajar

Apabila ditinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau, maka :

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0 \quad (2.19)$$

Dimana :

α_0 = sudut antara puncak gelombang dengan kontur dasar

α = sudut yang sama diukur saat garis puncak gelombang melintasi kontur dasar

C_0 = kecepatan gelombang pada kontur pertama

C = kecepatan gelombang pada kontur kedua

Seperti terlihat dalam Gambar 2. 6, jarak antara ortogonal di laut dalam dan disuatu titik adalah b_0 dan b . Apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak x di titik 0 dan di titik berikutnya adalah sama sehingga :

$$x = \frac{b_0}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha} \quad (2.20)$$

maka koefisien refraksi (K_r) adalah :

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (2.21)$$

Koefisien refraksi dapat diperoleh dengan menggunakan tabel L-1 (tabel berasal dari *Shore Protection Manual*) berdasarkan nilai d/L_0 .

2.2.7.2 Pendangkalan Gelombang (*Wave Shoaling*)

Jika suatu gelombang menuju perairan dangkal, maka terjadi perubahan karakteristik gelombang yang meliputi perubahan tinggi, panjang dan kecepatan gelombang. Dengan menganggap bahwa kemiringan perairan dapat diabaikan. Proses pendangkalan gelombang (*shoaling*) adalah proses berkurangnya tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman. Kecepatan gerak gelombang juga berkurang seiring dengan pengurangan kedalaman dasar laut, sehingga menyebabkan puncak gelombang yang ada di air dangkal bergerak lebih lambat dibandingkan puncak gelombang yang berada di perairan yang lebih dalam.

Koefisien *shoaling* dapat dituliskan dalam bentuk :

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} \quad (2.22)$$

$n_0 = 0,5$ (di dalam laut)

K_s = koefisien *shoaling*

Koefisien shoaling juga dapat diperoleh dari tabel L-1 (tabel berasal dari *Shore Protection Manual*).

Maka tinggi gelombang pada kedalaman H_0 akibat adanya refraksi dan *shoaling* adalah:

$$H = K_s \cdot K_r \cdot H_0 \quad (2.23)$$

Dimana :

K_s = koefisien *shoaling*

K_r = koefisien refraksi

H_0 = tinggi gelombang di laut dalam

2.2.7.3 Difraksi

Apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung dibelakangnya (Lihat pada Gambar 2. 7 dan Gambar 2. 8). Difraksi terjadi ketika terdapat perbedaan energi gelombang yang tajam di sepanjang puncak gelombang.

Transfer energi ke daerah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut, meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah terlindung. Garis puncak gelombang dibelakang rintangan membelok dan mempunyai bentuk busur lingkaran dengan pusatnya pada ujung rintangan. Dianggap bahwa kedalaman air adalah konstan.

Persamaan tinggi gelombang akibat pengaruh difraksi gelombang dapat dilihat dalam Persamaan 2.24. Koefisien difraksi (K') yang merupakan perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang. Nilai K' untuk θ , β , r/L tertentu dapat dilihat dalam tabel L-1 (*Shore Protection Manual*) difraksi dengan Gambar 2. 9 sebagai acuan dalam penentuan nilai θ , β , r , L . Selain menggunakan tabel difraksi, nilai K' juga dapat dicari melalui diagram difraksi yang dapat dilihat di *Shore Protection Manual 1984 Chapter 2* dengan berbagai macam sudut antara puncak gelombang terhadap pemecah gelombang Gambar 2. 9

$$H_A = K' \cdot H_P \quad (2.24)$$

Dengan :

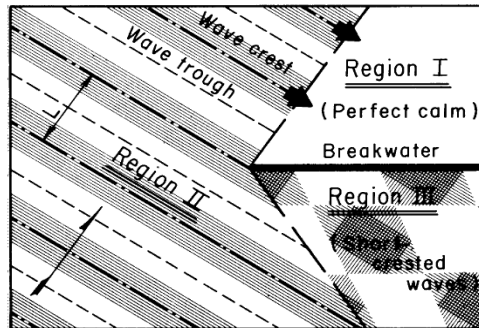
H_A = Tinggi gelombang yang ditinjau (m)

H_P = Tinggi gelombang di ujung rintangan (m)

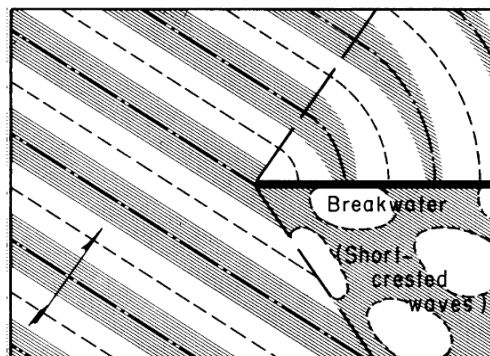
K' = Koefisien difraksi

Teori difraksi pada penjelasan diatas merupakan difraksi gelombang yang terjadi karena pemecah gelombang tunggal.

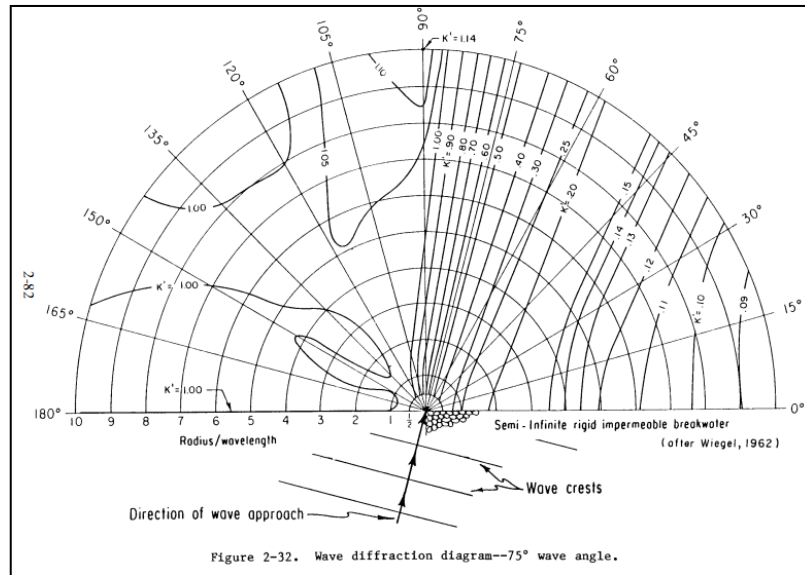
Apabila ada dua pemecah gelombang dengan celah (bukaan) di antaranya, penentuan koefisien difraksi menggunakan grafik yang dapat dilihat di *Shore Protection Manual 1984 Chapter 2* dengan berbagai perbandingan antara lebar celah (B) dan panjang gelombang (L) yang dapat dilihat pada Gambar 2. 10.



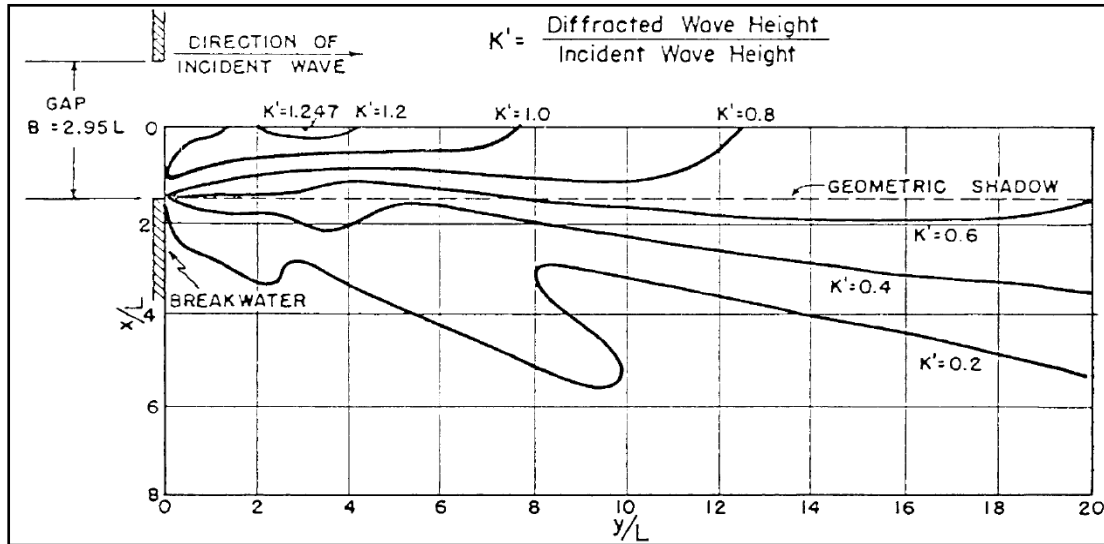
Gambar 2. 7 Gelombang tanpa mengalami difraksi
(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)



Gambar 2. 8 Gelombang mengalami difraksi
(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)



Gambar 2. 9 Diagram koefisien difraksi pada pemecah gelombang tunggal dengan sudut datangnya gelombang sebesar 75°
(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)



Gambar 2. 10 Koefisien difraksi dua breakwater dengan GAP $B=2,95L$
(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

2.2.7.4 Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh tersebut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah panjang gelombang. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Di laut dalam kemiringan gelombang maksimum dimana gelombang mulai tidak stabil diberikan oleh persamaan berikut:

$$\frac{H_o}{L_o} = \frac{1}{7} \quad (2.25)$$

Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tersebut tergantung pada kedalaman relative (d/L) dan kemiringan dasar laut m . Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu, yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah (d_b). Tinggi gelombang pecah diberi notasi H_b . Berikut ini menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah:

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,28 \quad (2.26)$$

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe berikut ini:

1. *Spilling*

Spilling biasanya terjadi apabila gelombang dengan kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar (kemiringan kecil). Gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya terjadi berangsur-angsur.

2. *Plunging*

Apabila kemiringan gelombang dan dasar bertambah, gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan

memutar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan.

3. *Surging*

Surging terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang. Gelombang pecah tipe ini mirip dengan *Plungin*, tetapi sebelum puncaknya terjun, dasar gelombang sudah pecah.

2.2.8 Breakwater

Breakwater atau pemecah gelombang merupakan pelindung utama bagi pelabuhan buatan. Tujuan dibuatnya breakwater ini adalah :

- a. Melindungi bangunan di dalamnya dari gelombang yaitu memperkecil tinggi gelombang yang datang, sehingga kapal dapat memasuki areal pelabuhan dengan tenang dan proses bongkar muat atau peratan kapal dapat berjalan dengan lancar. Persyaratan tinggi gelombang maksimum untuk kapal dapat melakukan proses bongkar muat berbagai jenis muatan, secara umum dapat dilihat pada Tabel 2. 6.

Tabel 2. 6 Tinggi gelombang maksimum untuk bongkar muat muatan

Ship size	Threshold wave height for cargo handling ($H_{1/3}$)
Small-sized ships	0.3 m
Medium- and large-sized vessels	0.5 m
Very large vessels	0.7 ~ 1.5 m

(Sumber : Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 1991)

- b. Mengurangi kebutuhan pengerukan di dalam wilayah pelabuhan. Sedimen yang masuk ke dalam wilayah pelabuhan sudah tertahan oleh breakwater atau pemecah gelombang yang ada.
- c. Menghindarkan arah perjalanan kapal dari pengaruh cross current, biasanya terjadi di mulut breakwater dan mulut muara sungai.
- d. Dapat juga digunakan sebagai tambatan untuk muatan berbahaya yang harus diletakkan cukup jauh dari areal pelabuhan.
- e. Sebagai pelindung pantai atau areal reklamasi dari hantaman gelombang.

2.2.9 Evaluasi dan Penentuan Layout Breakwater

Evaluasi layout ini untuk mengevaluasi layout terhadap besar dan arah gelombang datang sehingga didapatkan arah pintu, lebar pintu dan alur pelayarannya. Sehingga layout yang sudah direncanakan dapat melayani kapal secara aman dan nyaman di areal pelabuhan.

Bentuk layout breakwater dapat ditentukan dari beberapa faktor:

- a. Tinggi, arah, dan frekuensi dari gelombang yang datang, serta kondisi lingkungan alam lainnya, direkomendasikan agar posisi mulut berada pada arah datang gelombang tinggi dengan frekuensi terendah.
- b. Lebar dan posisi mulut serta efek defraksi yang terjadi, direkomendasikan lebar mulut sesuai kebutuhan lebar alur tanpa ada penambahan sebab besaran faktor defraksi bergantung pada lebar mulut ini.
- c. Rencana elevasi puncak dari struktur breakwater, apakah submerged (terendam), overtopping (lidah gelombang melampaui puncak breakwater); non-overtopping (lidah gelombang tidak melampaui puncak breakwater). Penentuan elevasi yang dipilih bergantung biaya yang tersedia, kesibukan lalu lintas

dan kegiatan di pelabuhan, dan fungsi dari breakwater, serta gaya gelombang atau gaya alam yang terjadi. Untuk fungsi sebagai penangkis gelombang, umumnya digunakan overtopping karena relatif murah, dan tidak terlalu tinggi.

- d. Arah dan kecepatan arus, hal ini akan menentukan panjang kaki breakwater.
- e. Biaya pembangunan dan biaya perawatannya perlu dipilih yang paling murah.

2.2.9.1 Elevasi Puncak Breakwater

Elevasi puncak (cross elevation) adalah tinggi puncak breakwater yang dihitung dari LWS (*Low Water Surface*). Ketinggian breakwater harus direncanakan dengan baik agar didapat tinggi breakwater yang merata di sepanjang badan breakwater dan yang terpenting breakwater harus dapat berfungsi menjaga ketinggian gelombang yang ada di dalam kolam pelabuhan.

Elevasi permukaan ditentukan berdasarkan pada pemilihan antara struktur *overtopping* atau *non overtopping*, dan besar transmisi gelombang yang terjadi di sisi pelabuhan. Yang paling banyak diterapkan berupa struktur *overtopping*, agar ekonomis meskipun akan terlimpas air pada bagian permukaan breakwater namun apabila di sisi pelabuhan terdapat struktur yang membutuhkan perlindungan terhadap gelombang atau breakwater yang juga difungsikan untuk operasional pelabuhan, maka breakwater harus menggunakan struktur *non overtopping*.

Selain menggunakan besar transmisi gelombang, penentuan elevasi puncak breakwater dapat dihitung menggunakan perhitungan run up gelombang yang tidak mengijinkan adanya *overtopping* (Lihat Gambar 2. 12). Run up tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang. Karena banyaknya variable yang

berpengaruh, maka besarnya run up sangat sulit ditentukan secara analitis. Sehingga elevasi puncak breakwater adalah :

- a. Elevasi permukaan = beda pasang surut + run up atau transmisi gelombang + settlement (2.26)

2.2.9.2 Berat Material Breakwater

Banyak metode untuk memperhitungkan berat material breakwater. Diantaranya dapat menggunakan Rumus Hudson dan Van Der Meer.

- a. Rumus Hudson

Dalam perhitungan berat butir menggunakan Rumus Hudson, berat butir dihitung berdasarkan jenis material yang digunakan karena setiap jenis material memiliki nilai K_D yang berbeda.

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \theta} \quad (2.27)$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad (2.28)$$

dengan :

W = Berat batu pelindung

γ_r = Berat Jenis Batu

γ_a = Berat Jenis Air Laut

H = Tinggi gelombang rencana

θ = Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

K_D = Koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung, kekasaran permukaan batu, ketajaman sisi-sisinya, ikatan antara butir, dan kondisi gelombang. Nilai K_D untuk berbagai bentuk batu pelindung diberikan dalam Tabel 2. 7

Tabel 2. 7 Koefisien stabilitas KD untuk berbagai armour

Armor Units	n	Placement	Structure Trunk		Structure Head		
			K_D^2		K_D		Slope
			Breaking Wave	Nonbreaking Wave	Breaking Wave	Nonbreaking Wave	Cot θ
Quarystone	2	Random	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5 to 3.0
Smooth rounded	>3	Random	1.6 ₄	3.2	1.4 ₄	2.3	5
Smooth rounded	1	Random		2.9		2.3	5
Rough angular	2	Random	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
					1.6	2.8	2.0
					1.3	2.3	3.0
Rough angular	>3	Random	2.2	4.5	2.1	4.2	5
Rough angular	2	Special	5.8	7.0	5.3	6.4	5
Parallelepiped ⁷	2	Special	7.0 - 20.0	8.5 - 24.0	--	--	
Tetrapod and Quadripod	2	Random	7.0	8.0	5.0	6.0	1.5
					4.5	5.5	2.0
					3.5	4.0	3.0
Tribar	2	Random	8.0	10.0	6.3	9.0	1.5
					7.8	8.5	2.0
					6.0	6.5	3.0
Dolos	2	Random	15.8 ⁸	31.8 ⁸	8.0	16.0	2.0 ⁹
					7.0	14.0	3.0
Modified cube	2	Random	6.5	7.5	-----	5.0	5
Hexapod	2	Random	8.0	9.5	5.0	7.0	5
Puskane	2	Random	11.0	22.0	--	--	5
Tribar	1	Uniform	12.0	15.0	7.5	9.5	5
Quarystone (K_{RS})							
Graded angular	-	Random	2.2	2.5	--	--	

(Sumber : Shore Protection Manual 1984)

b. Rumus Hudson

Rumus Van Der Meer dibedakan menjadi 2 tipe sesuai gelombang yang terjadi di lokasi breakwater, yaitu:

1. *Plunging Wave* (Gelombang Pecah)

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6,2 P^{0.18} \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \cdot \xi_m^{-0.5} \quad (2.29)$$

2. *Surging Wave* (Gelombang Tak Pecah)

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1,0 P^{-0.13} \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \cdot \sqrt{\cot \alpha} \cdot \xi_m^p \quad (2.30)$$

Dimana: $\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{S_m}} \quad S_m = \frac{H}{L_c} \quad (2.31)$

Keterangan:

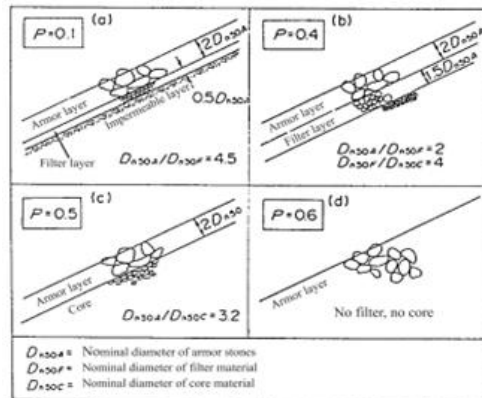
P = Porositas pemecah gelombang Gambar 2. 11

N = Perkiraan jumlah gelombang datang

Disarankan jumlah gelombang 1000 (OCDI)

ξ = Parameter *surf similarity*

S = Angka kerusakan material breakwater



Gambar 2. 11 Porositas pemecah gelombang
(Sumber: OCDI)

Tabel 2. 8 Angka kerusakan material breakwater

Slope	Initial damage	Intermediate damage	Failure
1 : 1,5	2	3 ~ 5	8
1 : 2	2	4 ~ 6	8
1 : 3	2	6 ~ 9	12
1 : 4	3	8 ~ 12	17
1 : 6	3	8 ~ 12	17

(Sumber: OCDI)

Struktur breakwater dengan tipe *rubble mound* dapat direncanakan dengan beberapa lapisan seperti pada Gambar 2. 11. Jika perencanaan menggunakan 3 lapisan material, maka pada lapisan pertama adalah lapisan pelindung (primary layer), lapisan kedua (secondary layer), dan lapisan inti (core layer). Disamping itu ada lapisan tambahan yaitu bahu (berm) dan lapisan bawah (filter layer) serta lapisan bawah.

- a. Lapis pertama, berat material sesuai dengan perhitungan yang digunakan. (Rumus Hudson maupun Van Der Meer).

- b. Lapis Kedua, ditentukan berdasarkan berat material unit yaitu:

$$W_s = 1/10 \text{ sampai } 1/15 \text{ W} \quad (2.32)$$

Pada sisi laut, letak ujung bawah lapisan pertama sedikitnya 1,5 sampai 2 kali H dibawah posisi air surut (LWS), sedang pada sisi pelabuhan sedikitnya 0,5 sampai 1 kali H dibawah LWS Gambar 2.18.

- c. Lapis Ketiga, umumnya lapisan ini ditiadakan untuk mempermudah pelaksanaan dan dijadikan satu dengan lapisan inti (sistem 2 lapisan), tetapi bila memungkinkan dapat diadakan (sistem 3 lapisan) yaitu:

$$W_t = 1/200 \text{ W} \quad (2.33)$$

- d. Lapisan Inti, bila sistem 2 lapisan kisaran berat tiap lapisan tercampur antara lapisan ketiga dan murni lapisan inti:

$$W_c = 1/4000 \text{ W} \quad (2.34)$$

- e. Lapisan filter, berada diatas lapisan tanah dasar asli dan berfungsi pemeratakan beban serta menahan lapisan batuan diatasnya agar tidak menunjam masuk ke dalam tanah dasar tersebut. Disamping itu lapisan ini juga dapat melindungi struktur dari perbedaan tekanan gelombang, arus, ground water flow, yang dapat menimbulkan perubahan mendadak pada struktur tanah dan breakwater dan pada akhirnya menimbulkan penurunan (settlement).

Struktur breakwater tidak membutuhkan lapisan filter bila kondisi diatas diperkirakan tidak terjadi, atau bila kedalaman lebih dari 3 H_{max} , dan kecepatan arus sangat rendah, serta bila tanah fondasi sangat keras (lapisan batuan).

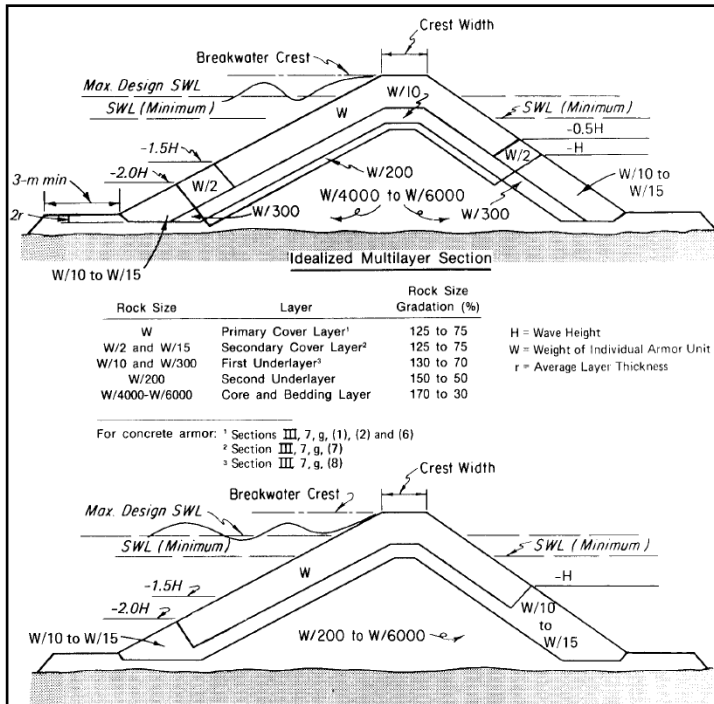
Bahan yang digunakan berupa butiran agregat dengan ukuran yang sama dengan lapisan inti, atau menggunakan geotextile yang diberi ikatan beton, atau menggunakan lapisan bambu berupa 'gedek guling' atau batang yang disusun bersilang.

Tebal lapisan mencapai 1,5 m untuk penggunaan batuan, atau disesuaikan kebutuhan untuk geotextile.

Lapisan filter dapat diperpanjang sampai jatuh diluar posisi lapisan ujung bawah sejauh 4 sampai 6 kali kedalaman perairan, untuk menghindarkan dari pengaruh scouring. Bahan yang digunakan sebaiknya dari batuan seukuran core layer.

- f. Lapisan Ujung Bawah (Toe Berm), diletakkan dibawah lapisan pertama untuk menahan terhadap tekanan gelombang. Diletakkan dibawah ujung bawah lapisan pertama, dan hanya pada sisi yang menghadap laut. Bila kedalaman dari posisi lapisan ini tidak mencukupi terhadap syarat sebesar 1,5 – 2 H maka dapat diletakkan dengan cara mengeruk terlebih dulu lapisan tanah dasarnya hingga tercapai kebutuhan kedalaman tersebut.

Lebar permukaan ditentukan berdasar rumus lebar lapisan permukaan dengan berat agregat $1/10 W$ dan jumlah material terpasang 2 –3 unit. Tebal struktur minimal 2 unit disusun diatas lapisan filter.



Gambar 2. 12 Potongan Penampang Non Overtopping Breakwater dengan Serangan Gelombang pada Satu Sisi
 (Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

2.2.9.3 Lebar Puncak Breakwater

$$B = n \cdot k_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\rho_s \cdot g} \right)^{1/3} \quad (2.35)$$

Keterangan :

B = lebar puncak

n = jumlah lapis material (Tabel 2. 9)

W = berat dari material

K_{Δ} = Koefisien lapis material

Tabel 2. 9 Koefisien jumlah lapis material

Armor unit		Placement	Layer Coefficient k_{Δ}	Porosity (P) %
Quarystone (Smooth)	2	Random	1.02	38
Quarystone (Rough)	2	Random	1.00	37
Quarystone (Rough)	>3	Random	1.00	40
Quarystone (Parallepiped)	2	Special	-----	27
Cube (Modified)	2	Random	1.10	47
Tetrapod	2	Random	1.04	50
Quadripod	2	Random	0.95	49
Hexipod	2	Random	1.15	47
Tribar	2	Random	1.02	54
Dolos	2	Random	0.94	56
Toskane	2	Random	1.03	52
Tribar	1	Uniform	1.13	47
Quarystone	Graded	Random	-----	37

(Sumber: Shore Protection Manual 1984)

2.2.9.4 Tebal Lapisan Breakwater

$$t = n \cdot k_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\rho_s \cdot g} \right)^{1/3} \quad (2.36)$$

Keterangan :

t = tebal puncak

n = jumlah lapis material (Tabel 2. 9)

W = berat dari material
 K_{Δ} = Koefisien lapis material

2.2.9.5 Jumlah Material Unit

$$N = A \cdot n \cdot k_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot \left(\frac{\rho_a \cdot E}{w}\right)^{2/3} \quad (2.37)$$

Keterangan :

N = jumlah material untuk satuan luas permukaan
 A = luas permukaan
 n = jumlah lapis material (Tabel 2. 9)
 W = berat dari material
 K_{Δ} = Koefisien lapis material
 P = Porositas dari lapis pelindung (Tabel 2. 9)

2.2.10 Data Tanah

Survey data tanah bertujuan untuk merencanakan struktur bagian bawah sistem jetty. Beberapa pengambilan data tanah yang dilakukan adalah dengan pengeboran dengan mesin bor. Kedudukan titik bor dilakukan dengan bantuan alat teodolit. Kemudian contoh dari hasil pemboran ini disajikan dalam bentuk *booring log*. Uji penetrasi standar (SPT) dilakukan dalam interval 1 atau 2 m, dimaksudkan untuk memperoleh nilai N dari lapisan-lapisan tanah bawah.

2.2.11 Stabilitas Breakwater Rubble Mound

Stabilitas breakwater pada tipe rubble mound ini harus ditinjau berdasarkan sliding atau gelincir, settlement atau penurunan dan daya dukung tanah. Perhitungan sliding sangat bergantung pada ikatan antar materialnya. Sedangkan perhitungan settlement sangat diperlukan untuk mengetahui besarnya penurunan akibat penambahan beban yang sangat besar diatas permukaan tanahnya. Daya dukung tanah perlu dihitung untuk

mengetahui tanah dasar pada struktur tersebut sudah mampu memenuhi.

1. Stabilitas Terhadap Sliding

Stabilitas terhadap sliding pada breakwater tipe ini sangat berpengaruh pada tiap ikatan antar armournya. Perhitungan terhadap tanah di bawahnya perlu ditinjau lebih lanjut terhadap *Puncture Failure*.

2. Stabilitas Terhadap Settlement

Settlement atau penurunan pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) yang diakibatkan keluarnya air yang menempati pori-pori tanah dan penurunan segera (*immediate settlement*) yang merupakan akibat dari deformasi elastik tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.

Tanah pada di bawah breakwater ini terdapat lapisan tanah jenis *cohesionless soil*. Pada jenis tanah ini air dari dalam pori dapat dengan cepat keluar sehingga kejadian pemampatannya pun dapat cepat selesai. Selain itu tanah *clay* merupakan jenis tanah dengan nilai *modulus young* yang tidak terlalu besar menyebabkan *immediate settlement* yang besar. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah. Berkurangnya volume tersebut dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah tersebut. Karena air pori dari lapisan tanah jenis ini dapat cepat keluar maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi secara bersamaan.

Perhitungan *Immediate Settlement* pada tugas akhir ini menggunakan prinsip teori dari Biarez dan Giround Perumusan itu adalah sebagai berikut :

$$S_i = P_H \frac{2ap}{E} \quad (2.38)$$

Dimana :

$$P_H = q = \gamma \cdot h \quad (2.39)$$

E = Modulus Young

ν = koefisien Poisson

$$\beta = \frac{h}{2a} \quad (2.40)$$

Untuk mendapatkan nilai β dan ν , dapat dilihat berdasarkan Tabel 2. 10

Tabel 2. 10 Nilai modulus young dan koefisien poisson

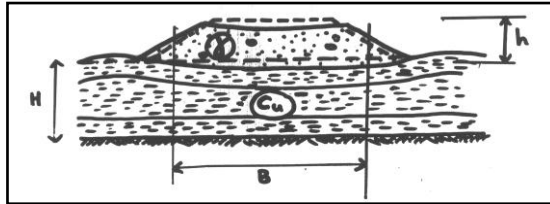
Tabel 11.2. Beberapa harga E dan ν (DAS B.M)

Jenis Tanah	Young Modulus	Koef. POISSON
Pasir lepas	10350 – 27600 KN/m ²	0,2 – 0,4
Pasir agak padat		0,25 – 0,4
Pasir padat	34500 – 69000 KN/m ²	0,3 – 0,45
Pasir berlanau		0,2 – 0,4
Lempung lembek	1380 – 3450 KN/m ²	0,15 – 0,25
Lempung agak kaku		0,2 – 0,5
Lempung keras	5865 – 13800 KN/m ²	–

(Sumber: Daya Dukung Pondasi Dangkal, Dr.Ir.Herman Wahyudi 1999)

3. Stabilitas Terhadap Puncture Failure

Kontrol stabilitas terhadap puncture failure ini berfungsi untuk mengetahui kondisi tanah di bawah timbunan akan ambles atau tidak bila diberi beban timbunan tersebut Gambar 2. 13



Gambar 2. 13 Keruntuhan “*Poinconnement*”

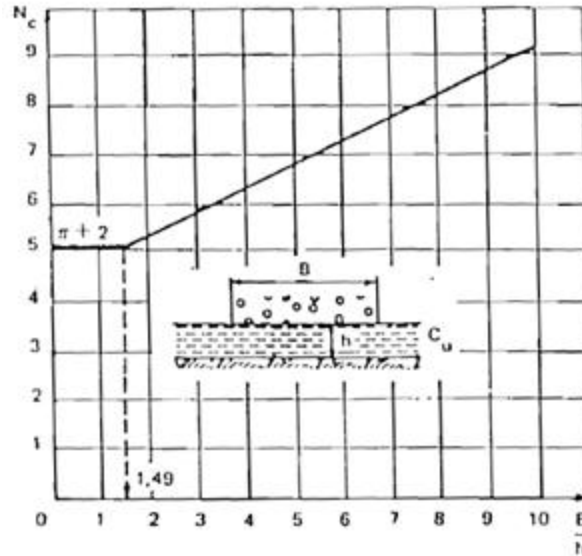
(Sumber: Slide Rekayasa Pondasi)

$$SF = \frac{q_{max}}{q} = \frac{(\pi+2)C_u}{\gamma \cdot h} \quad (2.41)$$

$$\text{Bila } B > H \text{ maka } q_{max} = c \times N_c \quad (2.42)$$

Koefisien N_c bergantung pada B/H berdasarkan Gambar 2. 14.

Bila timbunan terendam air, maka $\gamma = \gamma'$



Gambar 2. 14 Koefisien daya dukung N_c dalam fungsi B/H (Randel dan Salenson)

(Sumber: Daya Dukung Pondasi Dangkal, Dr.Ir.Herman Wahyudi 1999)

2.2.12 Data Kapal

Dalam merancang dermaga, kita perlu mengetahui berbagai sifat dan fungsi kapal, karena dari data ini dapat kita ketahui ukuran-ukuran pokok kapal yang berguna bagi perencanaan untuk dapat menetapkan ukuran-ukuran teknis dermaga dan cara menangani bongkar/muat. Antara kapal dan dermaga memiliki hubungan ketergantungan (*interdependensi*).

Kapal sebagai sarana pengangkut muatan mempunyai cara tersendiri dalam menangani muatannya. Muatan ini dapat berbentuk gas, cair, dan padat. Selain itu besarnya muatan pun menentukan bentuk teknis kapalnya. Dan data kapal yang diperlukan dalam perencanaan dermaga ini adalah bobot kapal, panjang kapal (LOA), lebar kapal dan draft/sarat penuh kapal.

2.2.13 Evaluasi Layout

Evaluasi layout meliputi perencanaan layout perairan dan daratan. Perencanaan layout perairan berupa kedalaman kebutuhan perairan yang dibutuhkan areal penjangkaran, alur masuk, kolam putar, dan kolam dermaga hingga melakukan proses bongkar muatan. Hasil evaluasi layout perairan tersebut berupa dimensi, kedalaman perairan, dan elevasi dari dermaga yang direncanakan serta merencanakan kebutuhan fasilitas perairan. Terdapat beberapa peraturan dalam menentukan dimensi fasilitas perairan, diantaranya: Kepmen Perhubungan 54 tahun 2002, Harbour Approach Channel Design Guidelines 2014, Technical Standards And Commentaries For Port And Harbour Facilities In Japan 2002.

Sedangkan perencanaan layout daratan berupa perencanaan kebutuhan dermaga serta elevasi yang di butuhkan. Perencanaan ini bertujuan agar layout sesuai dengan standar yang ada. Berikut ini adalah penjabaran evaluasi layout perairan:

2.2.13.1 Area Penjangkaran (*Anchorage Area*)

Area penjangkaran adalah lokasi kapal menunggu sebelum dapat bertambat atau memasuki alur, baik karena menunggu cuaca membaik, atau karena jetty dan alur yang akan digunakan masih terpakai, alasan karantina, atau oleh sebab yang lain.

- a. Kebutuhan area penjangkaran menurut *Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities* dapat ditentukan dengan menggunakan perumusan seperti pada Tabel 2. 11

Tabel 2. 11 Kebutuhan areal penjangkaran

Purpose of the use of the basin	Anchorage method	Sea bottom material or wind speed	Radius
Offshore waiting or cargo handling	Swinging mooring	Good anchoring	$L + 6D$
		Poor anchoring	$L + 6D + 30 \text{ m}$
	Mooring with two anchors	Good anchoring	$L + 4.5D$
		Poor anchoring	$L + 4.5D + 25 \text{ m}$

Note: L ; length overall of target vessel (m), D ; water depth (m)

(Sumber: Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities- Part IV)

- b. Kebutuhan area penjangkaran menurut Keputusan Menteri Perhubungan KM 54 tahun 2002.

Luas area berlabuh = jumlah kapal $\times \pi \times R^2$

Untuk $R = L + 6D + 30 \text{ m}$

Dimana:

R = Jari-jari area untuk berlabuh per kapal

L = Panjang kapal yang berlabuh

D = Kedalaman air

Kedalaman Area Penjangkaran

$D = 2 \times \text{Draft}$

Jari-Jari Untuk Area Berlabuh

$R = L + 6D + 30 \text{ m}$

Perairan untuk kegiatan pelayanan jasa/operasional:

Areal tempat labuh

Luas areal berlabuh ($A1$) = jumlah kapal $\times \pi \times R^2$

Perairan untuk kebutuhan keselamatan pelayaran, pada areal penjangkaran perlu menyediakan:

Areal keperluan keadaan darurat (Areal Salvage)

Faktor yang perlu diperhatikan adalah kecelakaan kapal, kebakaran kapal, kapal kandas, dll. Areal ini luasnya diperkirakan 50% dari areal pindah labuh kapal (Nilainya sama dengan areal tempat labuh)

$A2 = 50\% \times A1$

- c. Kebutuhan area penjangkaran menurut *PIANC-Harbour Approach Channel Design Guidelines*, 2014

Kedalaman area penjangkaran dapat diperhitungkan menggunakan Tabel 2. 12 dimana penentuannya disesuaikan dengan kondisi yang ada dilapangan.

Tabel 2. 12 Kedalaman area penjangkaran

Description	Vessel Speed	Wave Conditions	Channel Bottom	Inner Channel	Outer Channel
Ship Related Factors F_s					
Depth h	≤ 10 kts	None		1.10 T	
	10 - 15 kts			1.12 T	
	> 15 kts			1.15 T	
	All	Low swell ($H_s < 1$ m)			1.15 T to 1.2 T
		Moderate swell (1 m $< H_s < 2$ m)			1.2 T to 1.3 T
		Heavy swell ($H_s > 2$ m)			1.3 T to 1.4 T
	Add for Channel Bottom Type				
	All	All	Mud	None	None
			Sand/clay	0.4 m	0.5 m
			Rock/coral	0.6 m	1.0 m
Air Draught Clearance (ADC)					
ADC	All	All		0.05 H_{st}	0.05 H_{st} + 0.4 T

(Sumber: PIANC-Harbour Approach Channel Design Guidelines, 2014)

Jari-jari area penjangkaran $R = Lo + 5H + 30 \text{ m}$

Dimana:

Lo = panjang kapal

H = kedalaman perairan dilokasi penjangkaran

30 m merupakan jarak maksimum jangkar terseret sebelum menancap.

2.2.13.2 Alur Masuk (*Entrance Channel*)

Alur pelayaran masuk/keluar diperlukan agar terjadi ketertiban lalu lintas kapal dan digunakan untuk berlayar dengan kecepatan rendah. Dalam merencanakan lebar alur masuk, perlu diperhatikan juga kondisi perairan yang ada. Parameter yang perlu diketahui untuk penentuan alur masuk ini adalah kedalaman, lebar dan panjang alur masuk. Panjang alur masuk direncanakan berdasar kebutuhan jarak kapal untuk berhenti dari kecepatan memasuki alur sampai kecepatan nol dikolam putar. Panjang alur disediakan supaya tidak terjadi kecelakaan akibat kapal tidak memiliki jarak cukup untuk mengerem atau mengurangi kecepatan.

- Menurut *Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities (Part VI-347)*.

- Lebar Alur Masuk

Untuk *one way traffic* adalah 0.5 Loa dan 1.0 Loa. Apabila lebar kurang dari 1.0 Loa disarankan untuk membantu mengarahkan alur pelayaran. Untuk *double way* 1.0 Loa atau dapat lebih besar 1.5 Loa dan 2.0 Loa

- Panjang Alur

$$S_d = 5 \text{ Loa}$$

- Kedalaman minimum yang diperlukan

$$D = 1.1 \times \text{Draft, bila tidak ada pengaruh gelombang}$$

$$D = 1.15 \times \text{Draft, bila ada pengaruh gelombang tidak terlalu besar}$$

$$D = 1.2 \times \text{Draft, bila berada pada perairan terbuka dan pengaruh gelombang besar.}$$

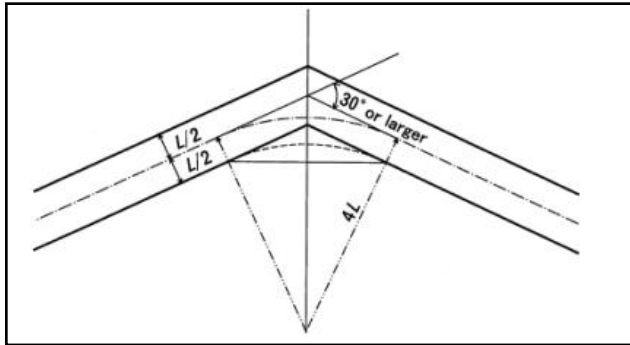
Untuk mengurangi kesulitan dalam pelayaran, sedapat mungkin trase alur pelayaran merupakan garis lurus. Apabila hal tersebut tidak mungkin, maka sumbu alur dibuat dengan beberapa bagian lurus yang dihubungkan dengan busur lingkaran. Apabila terdapat belokan maka belokan tersebut harus berupa kurva lengkung. Jari-jari busur pada belokan tergantung pada sudut belokan terhadap sumbu alur. Jari-jari minimum untuk kapal yang membelok ditentukan sebagai berikut:

$$R \geq 3 * LOA \quad \rightarrow \alpha < 25^{\circ}$$

$$R \geq 5 * LOA \quad \rightarrow 25^{\circ} < \alpha < 35^{\circ}$$

$$R \geq 10 * LOA \quad \rightarrow \alpha > 35^{\circ}$$

Lebar alur pada belokan dibuat lebih besar dibanding dengan alur pada bagian lurus, yang dimaksudkan untuk memudahkan gerak kapal. Tergantung pada olah gerak kapal dan jari-jari belokan, pelebaran bervariasi dari sekitar dua kali lebar kapal terbesar pada bagian lurus sampai empat kali lebar kapal terbesar dibelokan. Alur pada belokan ini dapat dilihat pada Gambar 2. 16



Gambar 2. 15 Alur pada belokan
(Sumber :Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 1991)

b. Menurut Keputusan Menteri Perhubungan KM 54 tahun 2002

- Lebar Alur Masuk
 $W = 9B + 30 \text{ m}$
- Luas area alur masuk
 $A = W \times L$

Dimana :

W = lebar alur masuk

B = lebar kapal maksimum

L = panjang alur

c. Berdasarkan PIANC 2014 (*Harbour Approach Channels Design Guidelines, Concept Design Methods for Straight Channels*)

- Lebar Alur Masuk
 $W = W_{BM} + \sum W_i + W_{BR} + W_{BG}$

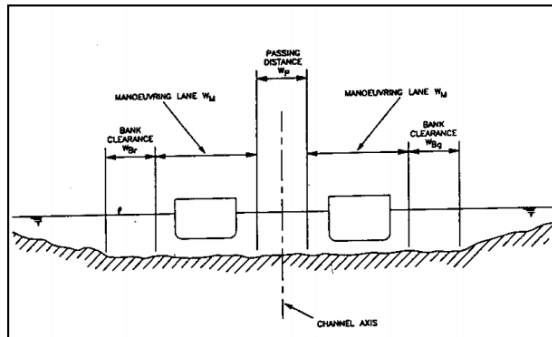
Dimana:

W = Lebar untuk satu jalur

W_{BM} = Lebar jalur manuver

W_i = Lebar tambahan

W_{BR}, W_{BG} = Jarak tepi jalur



Gambar 2. 16 Lebar alur masuk kapal

(Sumber : PIANC 2014)

- Lebar jalur manuver (W_{BM}), dapat dilihat pada Tabel 2. 13

Tabel 2. 13 Lebar jalur manuver

Ship Manoeuvrability	Good	Moderate	Poor
Basic Manoeuvring Lane, W_{BM}	1.3 B	1.5 B	1.8 B

(Sumber : PIANC 2014)

- Lebar tambahan (W_i), dapat dilihat pada Tabel 2. 14

Tabel 2. 14 Lebar Tambahan (W_i)

WIDTH W_i	Vessel Speed	Outer Channel exposed to open water	Inner Channel protected water
(a) Vessel speed (knots) - fast > 12 - moderate > 8 - 12 - slow 5 - 8		0.1 B 0.0 0.0	0.1 B 0.0 0.0
(b) Prevailing cross wind (knots) - mild ≤ 15 (\approx Beaufort 4) - moderate > 15 - 33 (> Beaufort 4 - Beaufort 7) - severe > 33 - 48 (> Beaufort 7 - Beaufort 9)	all fast mod slow fast mod slow	0.0 0.3 B 0.4 B 0.5 B 0.6 B 0.8 B 1.0 B	0.0 - 0.4 B 0.5 B - 0.8 B 1.0 B
(c) Prevailing cross current (knots) - negligible < 0.2 - low 0.2 - 0.5 - moderate > 0.5 - 1.5 - strong > 1.5 - 2.0	all fast mod slow fast mod slow fast mod slow	0.0 0.1 B 0.2 B 0.3 B 0.5 B 0.7 B 1.0 B 0.7 B 1.0 B 1.3 B	0.0 - 0.1 B 0.2 B - 0.5 B 0.8 B - - -
(d) Prevailing longitudinal current (knots) - low ≤ 1.5 - moderate > 1.5 - 3 - strong > 3	all fast mod slow fast mod slow	0.0 0.0 0.1 B 0.2 B 0.1 B 0.2 B 0.4 B	0.0 - 0.1 B 0.2 B - 0.2 B 0.4 B
(e) Significant wave height H_s and length λ (m) - $H_s \leq 1$ and $\lambda \leq L$ - $3 > H_s > 1$ and $\lambda = L$ - $H_s > 3$ and $\lambda > L$	all fast mod slow fast mod slow	0.0 ~ 2.0 B ~ 1.0 B ~ 0.5 B ~ 3.0 B ~ 2.2 B ~ 1.5 B	0.0 - - - - - -
(f) Aids to Navigation - excellent with shore traffic control - good - moderate with infrequent poor visibility - moderate with frequent poor visibility		0.0 0.1 B 0.2 B $\geq 0.5 B$	0.0 0.1 B 0.2 B $\geq 0.5 B$
(g) Bottom surface - if depth $\geq 1.5T$ - if depth < 1.5T then - smooth and soft - smooth or sloping and hard - rough and hard		0.0 0.1 B 0.1 B 0.2 B	0.0 0.1 B 0.1 B 0.2 B
(h) Depth of waterway - $\geq 1.5T$ - 1.5T - 1.25T - < 1.25T		0.0 0.1 B 0.2 B	$\geq 1.5T$ 0.0 < 1.5T - 1.15T 0.2 B < 1.15T 0.4 B
(i) Cargo hazard level - low - medium - high		0.0 ~ 0.5 B ~ 1.0 B	0.0 ~ 0.4 B ~ 0.8 B

(Sumber : PIANC 2014)

- Lebar jalur tepi (W_{BR}, W_{BG}), dapat dilihat pada

Tabel 2. 15 Lebar Jalur Tepi

Width for passing distance, W_p	Outer Channel exposed to open water	Inner Channel protected water
Vessel speed (knots)		
- fast > 12	2.0 B	-
- moderate > 8 - 12	1.6 B	1.4 B
- slow 5 - 8	1.2 B	1.0 B
Encounter traffic density		
- light	0.0	0.0
- moderate	0.2 B	0.2 B
- heavy	0.5 B	0.4 B

(Sumber : PIANC 2014)

- Lebar total untuk *one way traffic* adalah:

$$W = W_{BM} + \sum W_i + W_{BR} + W_{BG}$$

- Lebar total untuk *two way traffic* adalah:

$$W = 2W_{BM} + 2 \sum W_i + W_{BR} + W_{BG}$$

2.2.13.3 Kolam Putar (*Turning Basin*)

Kolam putar (*turning basin*), berada di ujung alur masuk atau dapat diletakkan di sepanjang alur bila alurnya panjang ($> S_d$). Kapal diharapkan bermanuver pada kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu. Area yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter (D_b). Kedalaman perairan dapat disamakan dengan alur masuk.

- Menurut *Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities*

- Untuk kapal bermanuver dengan dipandu
 $D_b = 3 \times \text{Loa}$
- Untuk kapal bermanuver tanpa bantuan pandu

$$D_b = 4 \times \text{Loa}$$

- b. Menurut Keputusan Menteri Perhubungan KM 54 tahun 2002
 - Diameter Kolam Putar
 $D_b = 3 \times \text{Loa}$
 - Luas Area Kolam Putar
 $\text{Luas} = \text{jumlah kapal} \times \pi \times R^2$
 Dimana R = jari-jari kolam putar
- c. Berdasarkan PIANC 2014 (*Harbour Approach Channels Design Guidelines, Concept Design Methods for Straight Channels*)
 - Diameter Kolam Putar
 $D_b = 2 \times \text{Loa}$
 - Kedalaman Kolam Putar
 $D = 1.15 \times \text{Draft}$

2.2.13.4 Kolam Dermaga (*Basin*)

Kolam dermaga (*basin*), berada di depan dermaga dan luasan ini perlu ditentukan bila kedalaman perairan perlu dikeruk dan untuk menentukan jarak antar dermaga dengan kapal yang saling berhadapan. Panjang kolam yang akan dikeruk adalah panjang kapal ditambah area keselamatan kapal. Dalam perencanaan kolam dermaga, terdapat syarat yang perlu diperhatikan. Diantaranya:

- Panjang Kolam Dermaga
 Panjang kolam dermaga tergantung panjang kapal yang akan bertambat pada dermaga ini. Untuk kapal yang dipandu.
- Lebar Kolam Dermaga
 Lebar kolam dermaga tergantung pada kapal yang akan bertambat di dermaga ini. Untuk dermaga yang tidak berhadapan/ hanya ada 1 dermaga.
- Kedalaman Kolam Dermaga
 Kedalaman kolam dermaga direncanakan sama dengan kedalaman kolam putar. Untuk kondisi perairan yang tenang (terlindung *breakwater*).

Perhitungan dimensi kolam dermaga memperhatikan 3 kondisi diatas.

- a. Menurut Keputusan Menteri Perhubungan KM 54 tahun 2002

Perhitungan panjang dan lebar dari kolam dermaga tidak dijelaskan secara detail. Hanya ada ketentuan menghitung luas area kolam dermaga, sehingga Penentuan panjang dan lebar di dapat dari perhitungan luas area tersebut.

- Luas Area Kolam Dermaga

$$A = 1.8 L \times 1.5 L$$

- b. Berdasarkan PIANC 2014 (*Harbour Approach Channels Design Guidelines, Concept Design Methods for Straight Channels*)

- Panjang Kolam Dermaga

$$P = 1.25 \times \text{Loa}$$

- Lebar Kolam Dermaga

$$L = 1.25 \times B$$

- Kedalaman kolam dermaga

$$D = 1.15 \times \text{Draft}$$

Kedalaman Kolam Dermaga

Kedalaman perairan, pada prinsipnya harus lebih dalam dari draft penuh kapal terbesar, ditambah alokasi untuk gerakan osilasi akibat gelombang dan angin maupun arus serta squad dan trim sebagai konsekuensi pergerakan kapal, ditambah lagi alokasi untuk ketidakaturan kedalaman perairan dan kondisi tanah dasar laut. Untuk kemudahan penentuan dalam menentukan kedalaman perairan dapat digunakan aturan sebagai berikut : (*Sumber : Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 1989*)

- Perairan tenang = $1.1 \times \text{draft kapal}$

- Perairan terbuka = $1.2 \times \text{draft kapal}$

2.2.14 Perhitungan Boulder

Boulder merupakan konstruksi untuk mengikat kapal pada tambatan. Posisi pengikat boulder terdapat di sekitar ujung depan (*bow*) dan di ujung belakang (*stern*). Gaya tarik boulder yang digunakan disesuaikan dengan bobot kapal sedangkan diameternya ditentukan berdasarkan gaya tarik kapal. Gaya tarik boulder dapat dilihat pada Tabel 2. 16 dan diameter boulder dapat dilihat pada Tabel 2. 17

Tabel 2. 16 Gaya tarikan kapal

Gross tonnage (<i>GT</i>) of vessel (tons)	Tractive force acting on a mooring post (kN)	Tractive force acting on a bollard (kN)
$200 < GT \leq 500$	150	150
$500 < GT \leq 1,000$	250	250
$1,000 < GT \leq 2,000$	350	250
$2,000 < GT \leq 3,000$	350	350
$3,000 < GT \leq 5,000$	500	350
$5,000 < GT \leq 10,000$	700	500
$10,000 < GT \leq 20,000$	1,000	700
$20,000 < GT \leq 50,000$	1,500	1,000

(Sumber :Technical Standard for Port and Harbour Facilities in Japan, 1991)

Tabel 2. 17 Hubungan diameter boulder dengan gaya tarik boulder

DIAMETER (CM)	15	20	25	30	35	40	45	50	55
GAYA TARIK IJIN (TON)	5	10	20	35	50	70	100	120	150

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

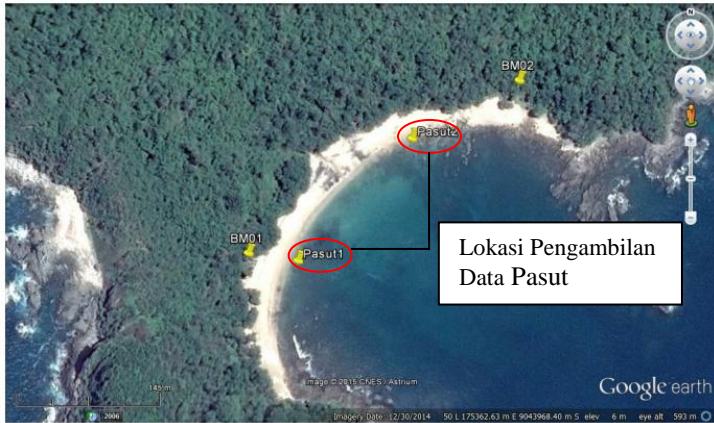
PENGUMPULAN DATA DAN ANALISA

3.1 Umum

Dermaga dengan status terminal khusus ini berada di pantai selatan Banyuwangi, Propinsi Jawa Timur dengan posisi geografisnya berada pada $08^{\circ}38'18''\text{S}$ dan $114^{\circ}03'01''\text{E}$. Sebelum dilakukan perencanaan breakwater dan jetty, terlebih dahulu akan dilakukan pengumpulan dan analisis data. Adapun data-data yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan data sekunder. Data-data yang digunakan dalam perencanaan diantaranya: data pasang surut, data arus, data angin, data tanah dan data gempa. Dan berikut ini adalah penjabaran data yang dibutuhkan:

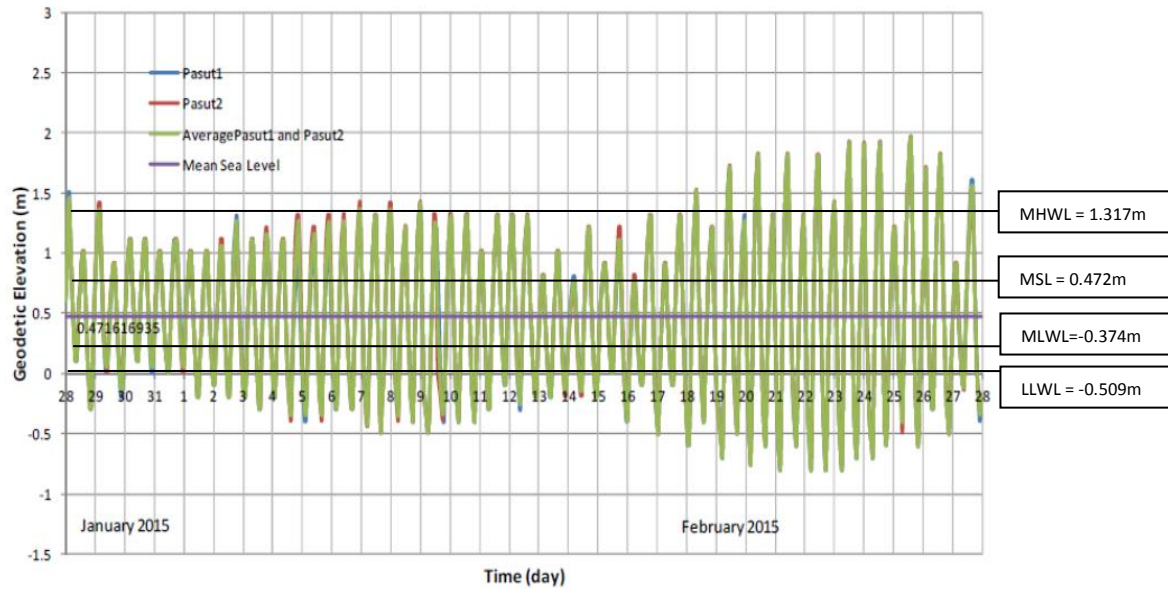
3.2 Data Pasang Surut

Data pasang surut ini menggunakan data sekunder, waktu pengukuran dilakukan kurang lebih selama 1 bulan dimulai pada 28 Januari 2015 sampai dengan 27 Februari 2015. Lokasi pengukuran pasang surut dilakukan pada dua titik yang berdekatan dengan *benchmark* (BM) di lokasi pekerjaan Gambar 3. 1.



Gambar 3. 1 Lokasi pengambilan data pasang surut

Metode pengambilan data pasang dilakukan dengan melakukan pembacaan muka air pada papan ukur. Pembacaan papan ukur setiap interval 1 jam selama 1 bulan terus menerus mulai 28 Januari hingga 28 Februari 2015 dengan grafik hasil pembacaan seperti pada Gambar 3. 2. Beda pasang surut mencapai 2.75 m dengan type pasang surut semi diurnal atau dalam sehari terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut.



Gambar 3. 2 Pembacaan pasang surut di Candrian, Kabupaten Banyuwangi

Dari data sekunder didapatkan elevasi pasang surut sebagai berikut:

MHWL	= 1.317 m
MSL	= 0.472 m
MLWL	= -0.374 m
LLWL	= -0.509 m

3.3 Data Arus

Arus yang terjadi disepanjang pantai merupakan arus akibat perbedaan muka air pasang surut antara satu lokasi dengan lokasi lain, sehingga arus dipengaruhi pola pasang surut. Pengukuran arus di lokasi tidak dilakukan, untuk itu kecepatan dan arah arus diperkirakan berdasarkan analisis. Dan data yang didapat merupakan data sekunder. Arus di sekitar Teluk Candrian, Banyuwangi terjadi disebabkan oleh 2 (dua) kejadian, yaitu :

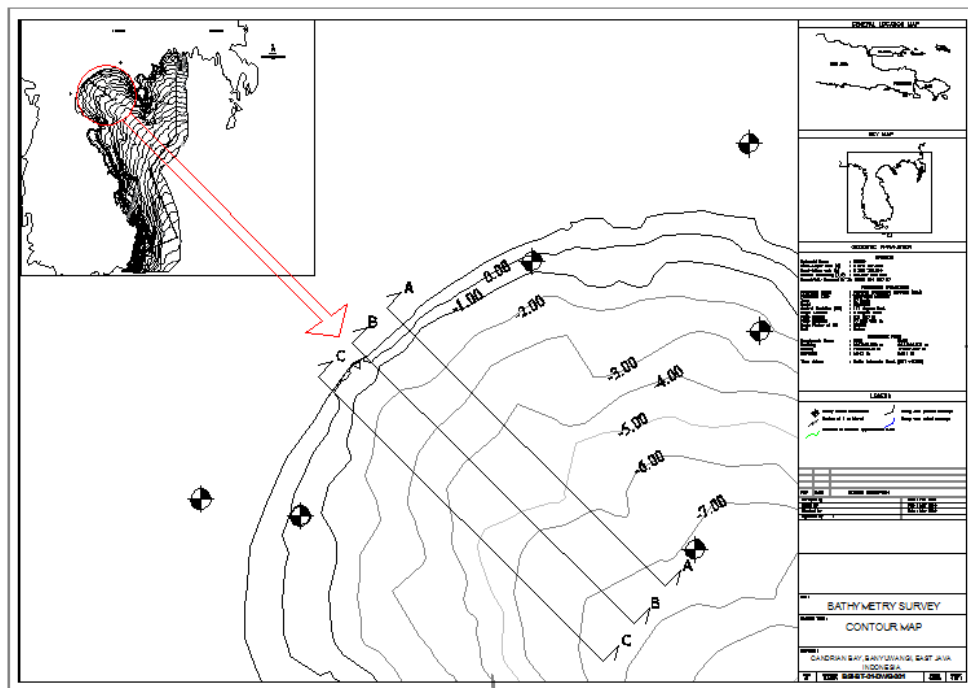
- Arus pasang surut terjadi akibat perbedaan tinggi muka air atau perbedaan fase pasang surut. Terdapat perbedaan tinggi muka air laut tertinggi sekitar 10 cm. Sedangkan perbedaan ini dapat menghasilkan kecepatan sekitar atau 0.002 m/detik atau 0.004 knot. Arah arus diperkirakan dari arah timur dan barat sepanjang pantai sesuai pergerakan pasang surut.
- Arus gelombang sepanjang pantai (*longshore current*)
Arus sepanjang pantai atau *longshore current* terjadi akibat perbedaan ketinggian gelombang yang terjadi antara satu lokasi dengan sebelah lainnya pada arah memanjang pantai. Kondisi pola kejadian gelombang di pantai Teluk Candrian menyebabkan *longshore current* yang bervariasi sepanjang pantai, dengan kecepatan maksimum mencapai sekitar 4.5 knot pada saat gelombang $H_o = 2$ m
- Arus gelombang tegak lurus pantai (*cross currents*)
Kondisi arus di sepanjang pantai Teluk Candrian, diperkirakan dapat menyebabkan *cross current* yang

membahayakan navigasi kapal yang akan merapat ke dermaga, sehingga arah dermaga perlu memperhatikan faktor arus. Pada pantai yang berhadapan langsung dengan laut terbuka, maka *rip currents* dapat terjadi dengan kecepatan tinggi hingga 4 knot sebagaimana dilaporkan terjadi di beberapa tempat sepanjang pantai Selatan Jawa. Teluk Candrian memenuhi syarat untuk terjadinya *rip current*, tetapi kecepatannya terlalu tinggi karena bukaan pada cekungan teluk tergolong lebar. Namun *rip current* ini tidak membahayakan navigasi kapal yang mendekat ke pantai disebabkan arahnya sejajar longitudinal kapal.

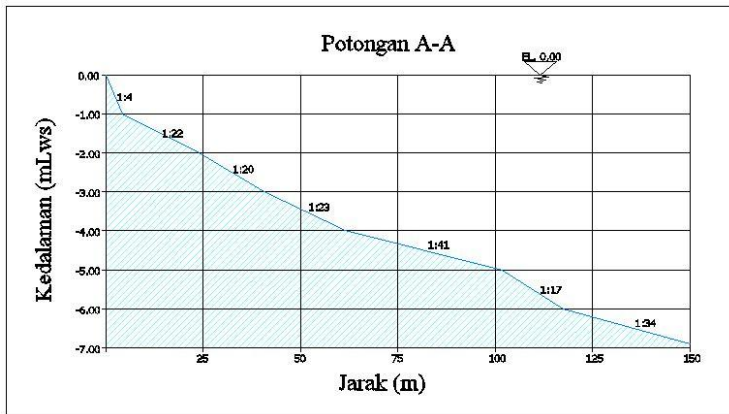
3.4 Data Bathymetri

Data bathymetri yang didapat merupakan data sekunder. Pemetaan kedalaman laut dilaksanakan di wilayah perairan terminal khusus di Teluk Candrian pada areal seluas 29.8 hektar ke arah sejajar pantai sekitar 3000 m dan ke arah laut sejauh 150 m, pelaksanaan pemetaan pada bulan Maret 2015 Gambar 3. 3

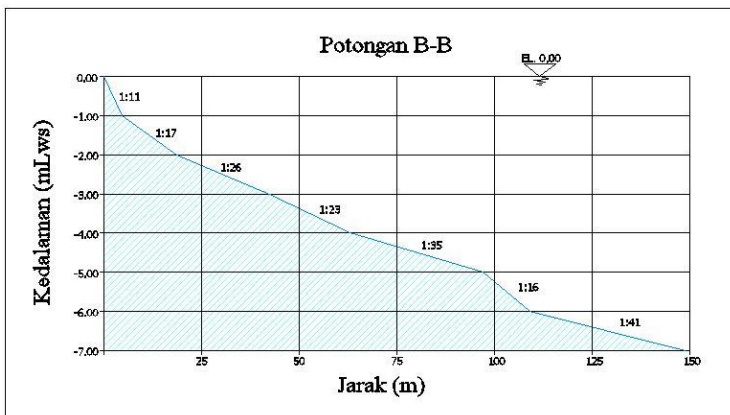
Peta kedalaman dan posisi fasilitas di laut baik untuk keperluan navigasi kapal maupun perencanaan pelabuhan menggunakan peta laut atau peta pelayaran untuk perairan Indonesia dipublikasi oleh Pusat Informasi Hidrografi dan Oseanografi (HDC) TNI-AL (dahulu : Dishidros). Untuk potongan kedalaman dapat dilihat pada Gambar 3. 4.



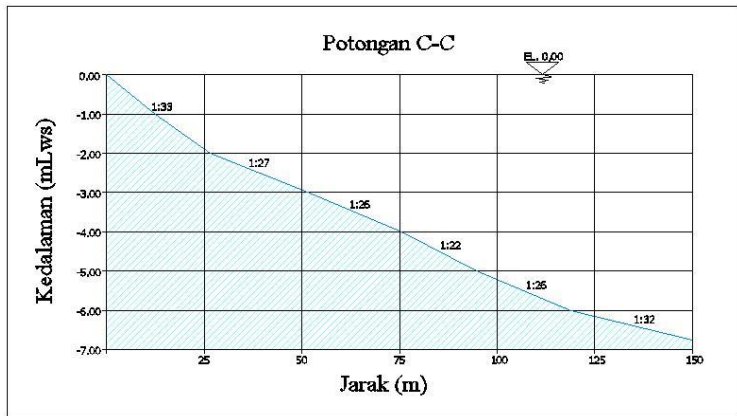
Gambar 3. 4 Lokasi titik potong untuk kondisi bathymetri Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi



Gambar 3. 5 Potongan A-A kondisi bathymetri daratan Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi



Gambar 3. 6 Potongan B-B kondisi bathymetri daratan Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi



Gambar 3. 7 Potongan C-C kondisi bathymetri daratan
Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi

Pada potongan peta bathymetri, dibagian tengah cekungan teluk kemiringan perairan relatif landai, sedangkan di sepanjang bagian tepi teluk baik sisi timur maupun barat kemiringan perairan curam Gambar 3. 5, Gambar 3. 6 dan Gambar 3. 7. Data sekunder yang didapat merupakan pengukuran di kedalaman perairan -5 m sejarak 90 m dari tepi pantai sedangkan untuk bagian tengah teluk sejarak 35 m di sekitar BH 1.

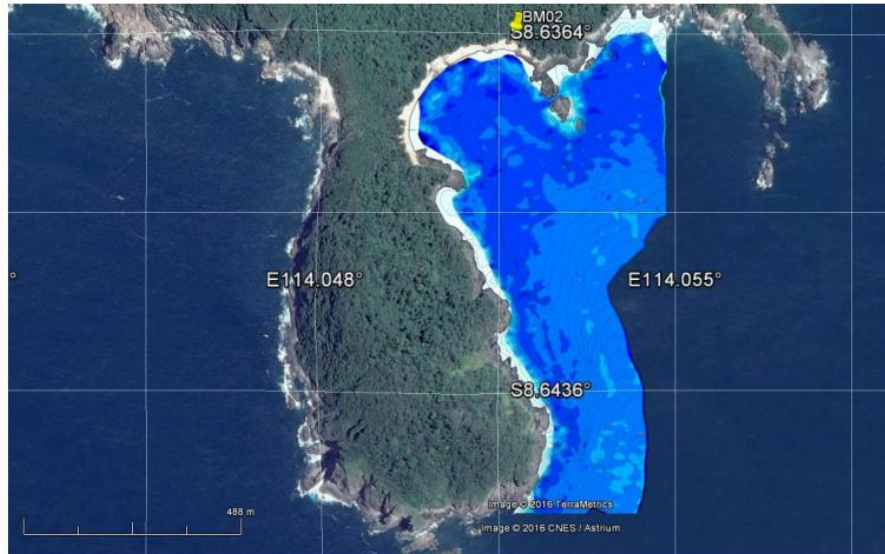
Pada peta gradien kontur, bentuk kontur yang berlekuk-lekuk menandakan dasar laut dari jenis batuan keras atau karang, lihat Gambar 3. 8 yang menunjukkan gradasi kekerasan permukaan dasar laut (mulai dari biru muda untuk batuan lunak, hingga biru tua untuk batuan keras).

Sedangkan peta side scan sonar, berisi gambaran dasar laut yang menampilkan objek-objek dasar laut yang berhasil dideteksi. Objek dasar laut yang dideteksi berupa pipa, batu karang, kapal karam, dan bekas garukan jaring nelayan. Lihat Gambar 3. 9 menunjukkan lapisan permukaan dasar laut seluruhnya batuan

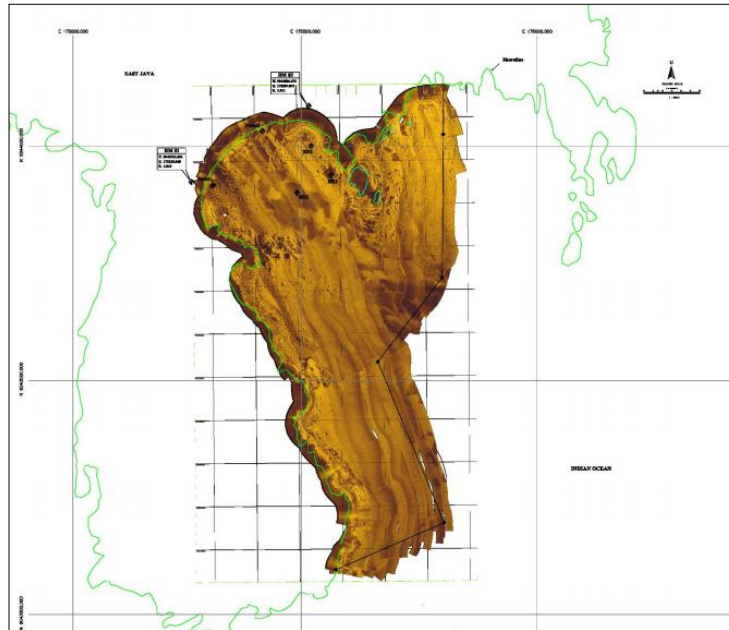
dan tidak terdapat benda lain baik berupa kapal karam atau serpihan-serpihan kotoran lautan.

Kondisi alam disekitar lokasi dermaga dapat dilihat di Gambar 3. 10. Untuk sisi timur lokasi dermaga terdapat kumpulan batu yang membentuk seperti breakwater. Dengan adanya breakwater alam, cukup membantu untuk menahan gelombang yang datang dari sisi timur.

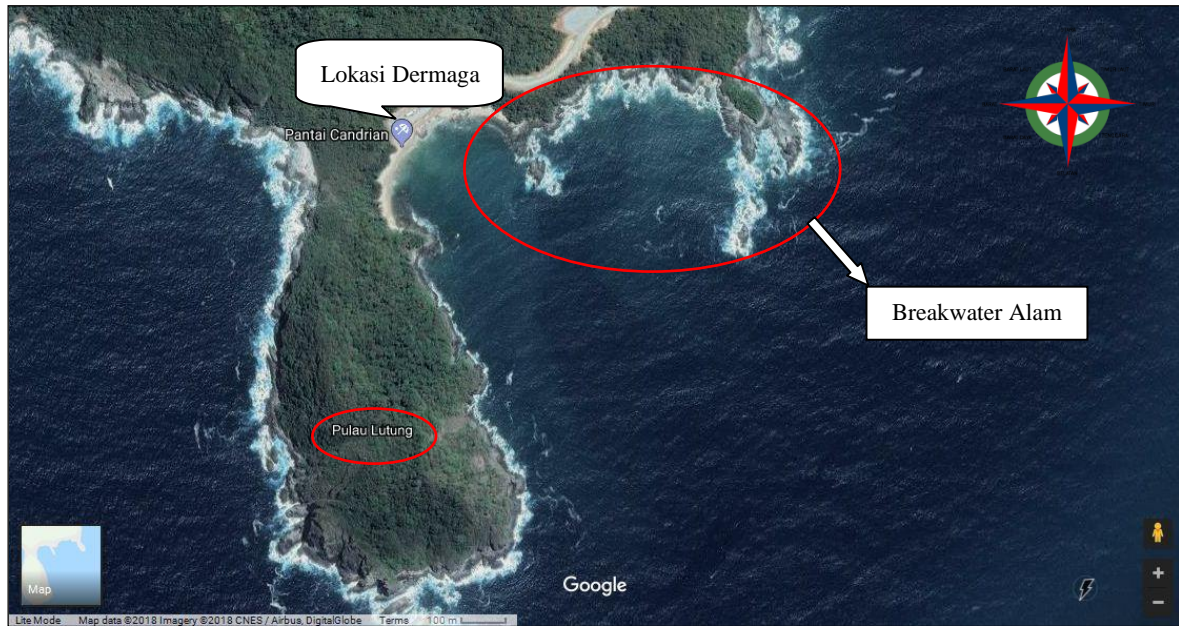
Sedangkan sisi barat terdapat Pulau Lutung. Menurut stasiun Ngurah Rai terdapat angin yang berhembus dari sisi barat, namun dengan adanya Pulau Lutung angin dari barat tidak mempengaruhi lokasi dermaga dan gelombang yang ditimbulkan tidak mempengaruhi lokasi dermaga karena terhalang Pulau Lutung.



Gambar 3. 8 Google Earth ditindas dengan peta gradien kontur perairan di Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi
(Sumber: <http://hdc.dishidros.go.id>)



Gambar 3. 9 Peta side scan perairan sekitar Teluk Candrian,
Kabupaten Banyuwangi



Gambar 3. 10 Peta kondisi alam sekitar lokasi dermaga

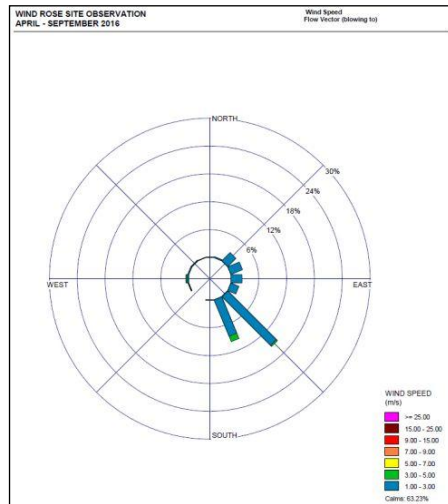
3.5 Data Angin

Data angin yang didapat merupakan data sekunder. Data angin yang didapatkan melalui pengukuran di lapangan selama 6 bulan dari bulan April sampai bulan September 2016 (Lihat Gambar 3. 11). Dengan keterbatasan data pengukuran tersebut maka untuk memperoleh parameter angin yang sesuai dengan kondisi di lokasi, akan digunakan data sekunder yaitu data angin selama 10 tahun (2008 s.d 2017) dari stasiun pengamatan angin terdekat. Adapun stasiun pengamatan tersebut adalah:

- Stasiun Kelas III Rahadi Oesman Ketapang, Banyuwangi
- Stasiun Kelas I Ngurah Rai Denpasar, Bali

Data dari stasiun tersebut dimulai tahun 2008 hingga 2017 atau 10 tahun mencakup kecepatan dan arah angin yang selanjutnya disajikan dalam bentuk windrose.

Data angin yang diukur di lapangan selama 6 bulan : angin didominasi dari arah tenggara dengan kecepatan berkisar antara 1.00 s.d 5.00 m/s



Gambar 3. 11 Windrose pada Lokasi Pelabuhan

Dari data stasiun pengamatan selama 10 tahun, diperoleh gambaran mengenai kondisi angin sebagai berikut :
(Lihat Gambar 3. 12)

- Dari Stasiun Ketapang, arah angin didominasi dari arah selatan, barat daya dan tenggara.
- Dari Stasiun Ngurah Rai, arah angin didominasi dari arah timur, tenggara, dan barat.

Berikut ini rekapitulasi arah dan kecepatan angin berdasarkan windrose dari data stasiun Ketapang (Lihat Tabel 3. 1 dan Tabel 3. 2) dan stasiun Ngurai Rai selama 10 tahun (Lihat Tabel 3. 3 dan Tabel 3. 5)

Tabel 3. 1 Rekapitulasi arah dan kecepatan angin dari data windrose pada Stasiun Ketapang

STASIUN KETAPANG											
Bulan	Angin					Bulan	Angin				
	Arah	Frekuensi Kejadian %	Kecepatan (m/s)				Arah	Frekuensi Kejadian %	Kecepatan (m/s)		
Januari	Utara	6.5	5	-	7	Juli	Utara	3.5	3	-	5
	Timur Laut	6.5	5	-	7		Timur Laut	3.7	5	-	7
	Timur	4.7	3	-	5		Timur	4	3	-	5
	Tenggara	4	3	-	5		Tenggara	10	3	-	5
	Selatan	9.2	7	-	9		Selatan	25.3	5	-	7
	Barat Daya	5	5	-	7		Barat Daya	11	3	-	5
	Barat	3	3	-	5		Barat	6.7	1	-	3
	Barat Laut	2	1	-	3		Barat Laut	2.5	1	-	3
Februari	Utara	8.6	5	-	7	Agustus	Utara	1	1	-	3
	Timur Laut	8	5	-	7		Timur Laut	3	5	-	7
	Timur	5	3	-	5		Timur	3	3	-	5
	Tenggara	4	3	-	5		Tenggara	12.5	5	-	7
	Selatan	5	3	-	5		Selatan	28.2	5	-	7
	Barat Daya	4	1	-	3		Barat Daya	9	3	-	5
	Barat	5	1	-	3		Barat	5	1	-	3
	Barat Laut	2.6	1	-	3		Barat Laut	0	0	-	0
Maret	Utara	8.2	5	-	7	September	Utara	2.5	1	-	3
	Timur Laut	9.7	7	-	9		Timur Laut	2.5	3	-	5
	Timur	6	3	-	5		Timur	4.7	3	-	5
	Tenggara	5.5	3	-	5		Tenggara	12	3	-	5
	Selatan	7.7	3	-	5		Selatan	28.8	3	-	5
	Barat Daya	4.7	3	-	5		Barat Daya	11.2	3	-	5
	Barat	5.7	1	-	3		Barat	5	3	-	5
	Barat Laut	4	1	-	3		Barat Laut	0.5	1	-	3

Tabel 3. 2 Lanjutan rekapitulasi data kecepatan dan angin dari stasiun Ketapang

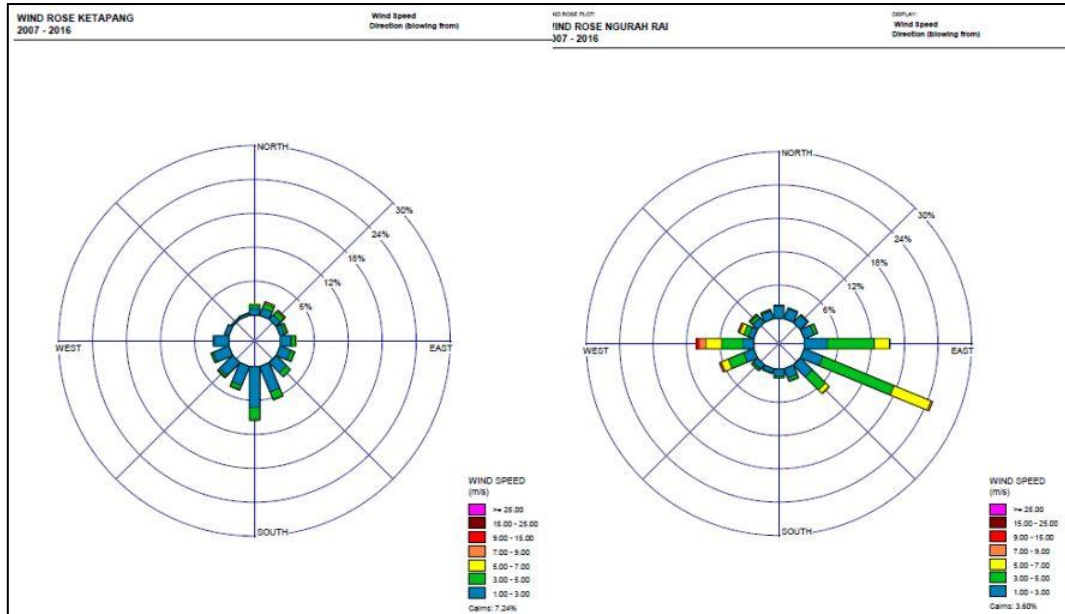
April	Utara	7	5	-	7
	Timur Laut	7.5	5	-	7
	Timur	6.5	5	-	7
	Tenggara	7.3	3	-	5
	Selatan	10.3	3	-	5
	Barat Daya	4.6	1	-	3
	Barat	5	1	-	3
	Barat Laut	3.5	1	-	3
Mei	Utara	4.7	5	-	7
	Timur Laut	6	7	-	9
	Timur	5	3	-	5
	Tenggara	8.3	3	-	5
	Selatan	15.5	3	-	5
	Barat Daya	7	3	-	5
	Barat	7	1	-	3
	Barat Laut	4	1	-	3
Juni	Utara	4	5	-	7
	Timur Laut	4	5	-	7
	Timur	4.3	3	-	5
	Tenggara	9	3	-	5
	Selatan	22.3	5	-	7
	Barat Daya	10.3	3	-	5
	Barat	8	1	-	3
	Barat Laut	3	1	-	3
Oktober	Utara	2.5	1	-	3
	Timur Laut	3	5	-	7
	Timur	4.6	3	-	5
	Tenggara	11	3	-	5
	Selatan	25.2	3	-	5
	Barat Daya	11.5	3	-	5
	Barat	5.6	1	-	3
	Barat Laut	2.5	1	-	3
Nopember	Utara	3	3	-	5
	Timur Laut	4	5	-	7
	Timur	5	3	-	5
	Tenggara	12	5	-	7
	Selatan	17.8	3	-	5
	Barat Daya	8.3	3	-	5
	Barat	5	1	-	3
	Barat Laut	2.7	1	-	3
Desember	Utara	4.5	5	-	7
	Timur Laut	5.5	5	-	7
	Timur	5.5	3	-	5
	Tenggara	8	3	-	5
	Selatan	11	5	-	7
	Barat Daya	8.2	5	-	7
	Barat	4.5	3	-	5
	Barat Laut	0.5	1	-	3

Tabel 3. 4 Rekapitulasi arah dan kecepatan angin dari data windrose pada Stasiun Ngurah Rai

STASIUN NGURAH RAI											
Bulan	Angin					Bulan	Angin				
	Arah	Frekuensi Kejadian %	Kecepatan (m/s)				Arah	Frekuensi Kejadian %	Kecepatan (m/s)		
Januari	Utara	5.7	3	-	5	Juli	Utara	3.5	3	-	5
	Timur Laut	4.7	3	-	5		Timur Laut	3.7	5	-	7
	Timur	5	3	-	5		Timur	4	3	-	5
	Tenggara	3	3	-	5		Tenggara	10	3	-	5
	Selatan	3	1	-	3		Selatan	25.3	5	-	7
	Barat Daya	9.5	5	-	7		Barat Daya	11	3	-	5
	Barat	31.2	5	-	7		Barat	6.7	1	-	3
	Barat Laut	10	7	-	9		Barat Laut	2.5	1	-	3
Februari	Utara	8.3	3	-	5	Agustus	Utara	1	1	-	3
	Timur Laut	6	3	-	5		Timur Laut	3	5	-	7
	Timur	9.6	3	-	5		Timur	3	3	-	5
	Tenggara	5	3	-	5		Tenggara	12.5	5	-	7
	Selatan	4	3	-	5		Selatan	28.2	5	-	7
	Barat Daya	8.7	5	-	7		Barat Daya	9	3	-	5
	Barat	32	7	-	9		Barat	5	1	-	3
	Barat Laut	9.7	7	-	9		Barat Laut	0	0	-	0
Maret	Utara	8.5	3	-	5	September	Utara	2.5	1	-	3
	Timur Laut	6	3	-	5		Timur Laut	2.5	3	-	5
	Timur	17.7	5	-	7		Timur	4.7	3	-	5
	Tenggara	7.8	5	-	7		Tenggara	12	3	-	5
	Selatan	4.7	3	-	5		Selatan	28.8	3	-	5
	Barat Daya	7	5	-	7		Barat Daya	11.2	3	-	5
	Barat	25.7	9	-	15		Barat	5	3	-	5
	Barat Laut	9	9	-	15		Barat Laut	0.5	1	-	3

Tabel 3. 5 Lanjutan rekapitulasi data kecepatan dan angin dari stasiun Ngurah Rai

April	Utara	6	1	-	3
	Timur Laut	8.4	3	-	5
	Timur	31.5	5	-	7
	Tenggara	15.8	5	-	7
	Selatan	3	1	-	3
	Barat Daya	4	3	-	5
	Barat	10	7	-	9
	Barat Laut	5	5	-	7
Mei	Utara	5	1	-	3
	Timur Laut	7.8	3	-	5
	Timur	32	3	-	5
	Tenggara	22.5	5	-	7
	Selatan	3	3	-	5
	Barat Daya	3.5	3	-	5
	Barat	3	3	-	5
	Barat Laut	3	1	-	3
Juni	Utara	3	1	-	3
	Timur Laut	3.4	3	-	5
	Timur	31	5	-	7
	Tenggara	35	9	-	15
	Selatan	3	1	-	3
	Barat Daya	2.5	1	-	3
	Barat	2.6	3	-	5
	Barat Laut	2.5	1	-	3
Oktober	Utara	2.5	1	-	3
	Timur Laut	3	5	-	7
	Timur	4.6	3	-	5
	Tenggara	11	3	-	5
	Selatan	25.2	3	-	5
	Barat Daya	11.5	3	-	5
	Barat	5.6	1	-	3
	Barat Laut	2.5	1	-	3
Nopember	Utara	3	3	-	5
	Timur Laut	4	5	-	7
	Timur	5	3	-	5
	Tenggara	12	5	-	7
	Selatan	17.8	3	-	5
	Barat Daya	8.3	3	-	5
	Barat	5	1	-	3
	Barat Laut	2.7	1	-	3
Desember	Utara	4.5	5	-	7
	Timur Laut	5.5	5	-	7
	Timur	5.5	3	-	5
	Tenggara	8	3	-	5
	Selatan	11	5	-	7
	Barat Daya	8.2	5	-	7
	Barat	4.5	3	-	5
	Barat Laut	0.5	1	-	3



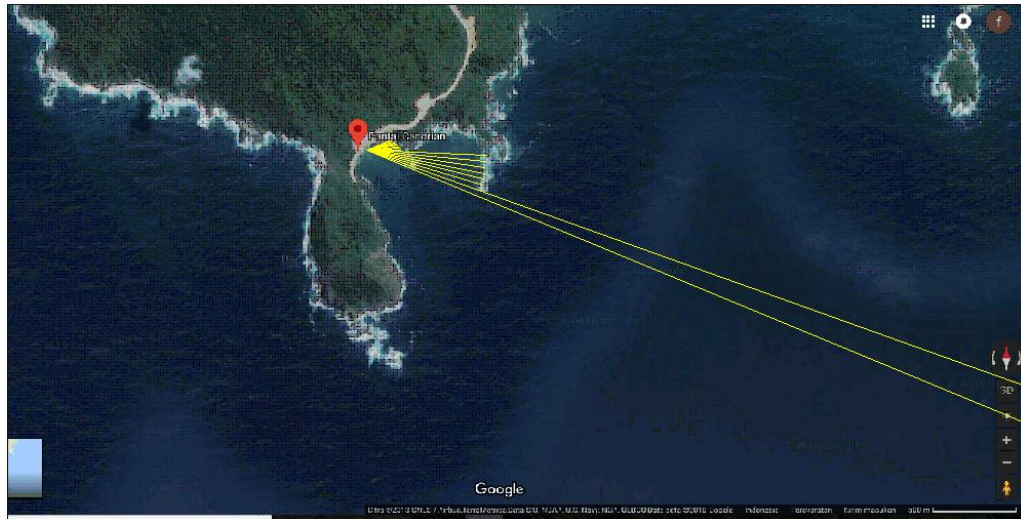
Gambar 3. 12 Windrose 10 tahunan dari Ketapang (kiri) dan Ngurah Rai (kanan)

Dari data angin pada bulan April sampai dengan September diketahui pada stasiun Ketapang, angin didominasi dari arah selatan, barat daya dan tenggara. Sedangkan untuk stasiun Ngurah Rai, angin didominasi dari arah tenggara dan timur. Berdasarkan hal tersebut data angin yang akan digunakan adalah data angin dari stasiun Ngurah Rai karena dilihat dari lokasi pengamatan stasiun Ngurah Rai berada di sisi selatan sama dengan lokasi dermaga yang ada di Teluk Candrian. Sedangkan stasiun Ketapang berada di sisi timur dan berada pada Selat Bali yang mana lokasi tersebut jauh berbeda dengan lokasi dermaga. Hal yang perlu diperhatikan kembali mengenai data angin yang akan digunakan untuk menganalisa gelombang. Adanya fetch mempengaruhi arah angin yang berpengaruh terhadap lokasi dermaga.

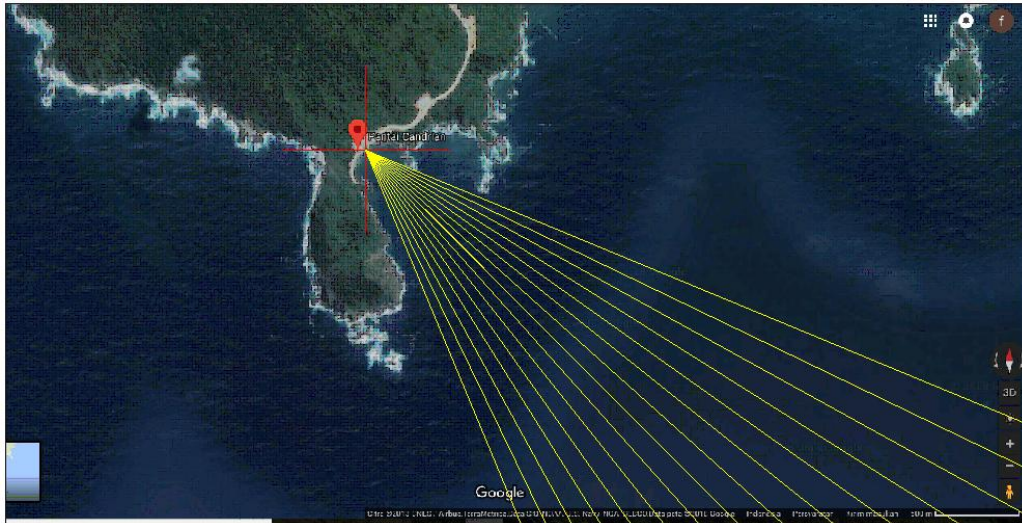
3.6 Analisa Gelombang

- Panjang Fetch

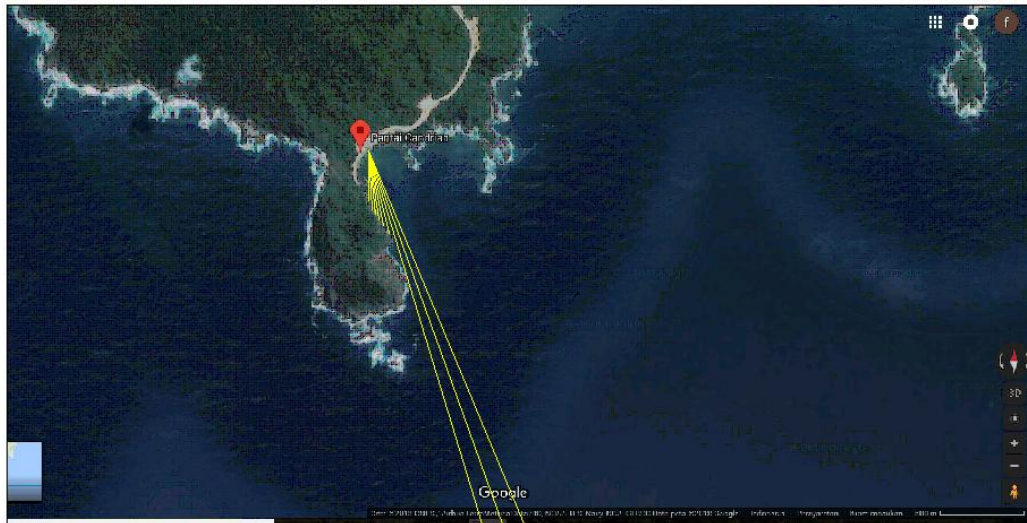
Sesuai data angin diatas, angin di Pantai Candrian Banyuwangi dipengaruhi dari arah Timur, Tenggara dan Barat. Namun jika dilihat dari peta, angin yang berpengaruh terhadap munculnya gelombang berasal dari arah Timur dan Selatan. Untuk arah lainnya, angin datang dari arah daratan, sehingga dalam perhitungan gelombang arah angin tersebut tidak diperhitungkan. Arah Timur dan Selatan menjadi acuan untuk mencari panjang fetch. Perhitungan panjang fetch menggunakan media bantu *Google Earth* (Lihat Gambar 3. 13, Gambar 3. 14 dan Gambar 3. 15)



Gambar 3. 13 Fetch dari arah Timur
(Sumber: Hasil pengukuran untuk tugas akhir)



Gambar 3. 14 Fetch dari arah Tenggara
(Sumber: Hasil pengukuran untuk tugas akhir)



Gambar 3. 15 Fetch dari arah Selatan
(Sumber: Hasil pengukuran untuk tugas akhir)

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan besarnya panjang fetch efektif.

1. Sesuai dengan Gambar 3. 13, Gambar 3. 14 dan Gambar 3. 15, arah angin datang menjadi acuan 0° dan bertambah tiap 3° sampai sudut sebesar 24° pada kedua sisi dari acuan 0° tiap arah angin. Tiap-tiap sudut yang bertambah dihitung panjangnya dari lokasi dermaga di Teluk Candrian sampai panjang garis yang ditarik menemui daratan/ pulau.
2. Besarnya $\cos \alpha$ tiap-tiap sudut baik dari arah kanan maupun dari arah kiri acuan 0° tiap arah angin.
 - $\cos 0^\circ = 1,000$
 - $\cos 3^\circ = 0,999$
 - $\cos 6^\circ = 0,995$
 - $\cos 9^\circ = 0,988$
 - $\cos 12^\circ = 0,978$
 - $\cos 15^\circ = 0,966$
 - $\cos 18^\circ = 0,951$
 - $\cos 21^\circ = 0,934$
 - $\cos 24^\circ = 0,914$

Setelah itu semua nilai $\cos \alpha$ dijumlahkan = 16,45

3. Setelah didapatkan panjang garis yang ditarik tiap-tiap sudut sesuai perhitungan nomer 1, hasil dari tiap panjang garis yang ditarik tersebut kemudian dikalikan dengan nilai $\cos \alpha$.

Contoh :

Sudut 24° diukur dalam tiga arah, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Timur (E)} &= 147.81 \text{ m} \times 0,914 \\ &= 135,03 \text{ m} \\ &= 0,135 \text{ Km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tenggara (SE)} &= 1.500.000 \text{ m} \times 0,914 \\ &= 1.370.318,19 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selatan (S)} &= 1000 \text{ m} \times 0,914 \\ &= 913,55 \text{ m.} \\ &= 0,913 \text{ Km} \end{aligned}$$

Dan seterusnya pada sudut yang lain

4. Nilai yang didapatkan pada nomer 3 dijumlahkan dalam tiap arah yang berpengaruh.

Contoh :

$$\begin{aligned}\text{Timur (E)} &= \sum x_i \cos \alpha \\ &= 7660,83 \text{ m} \\ &= 7,660 \text{ Km}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tenggara (SE)} &= \sum x_i \cos \alpha \\ &= 24.669.286,79 \text{ m} \\ &= 24.669,287 \text{ Km}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Selatan (S)} &= \sum x_i \cos \alpha \\ &= 4880,88 \text{ m} \\ &= 4,880 \text{ Km}\end{aligned}$$

5. Apabila sudah dihitung total dari $\sum x_i \cos \alpha$ tiap-tiap arah (E, SE, dan S) lalu dihitung panjang fetch efektifnya.

$$\begin{aligned}\text{Fetch efektif} &= \frac{\sum x_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \\ \text{Fetch efektif E} &= \frac{7947,61}{16,45}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= 465,81 \text{ m} \\ &= 0,465 \text{ Km}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fetch efektif SE} &= \frac{24.669.286,7}{16,45} \\ &= 1.500.000 \text{ m} \\ &= 1500 \text{ Km}\end{aligned}$$

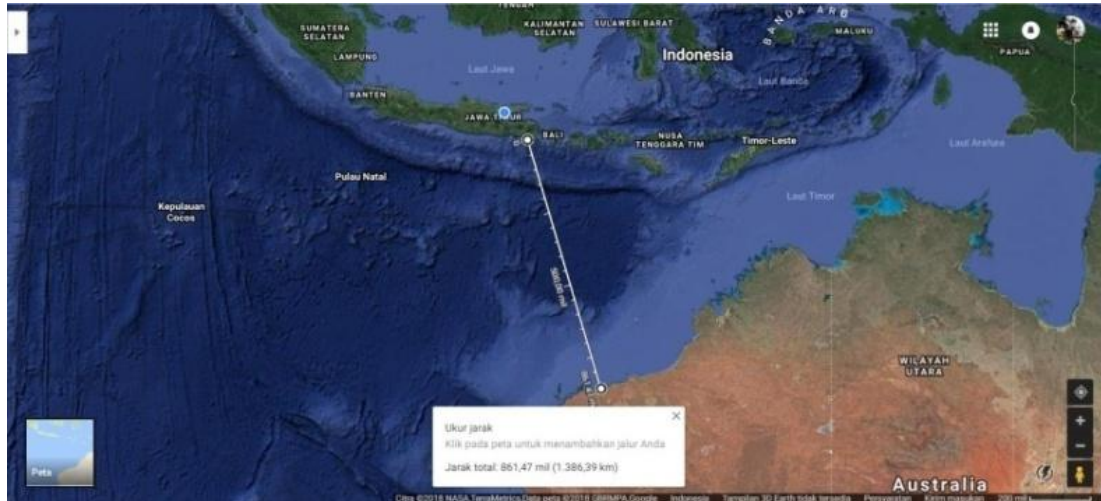
$$\begin{aligned}\text{Fetch efektif TL} &= \frac{5117,70}{16,45} \\ &= 296,78 \text{ m} \\ &= 0,296 \text{ Km}\end{aligned}$$

Berikut ini adalah rekapitulasi hasil perhitungan panjang fetch efektif arah timur, tenggara dan selatan (Lihat Tabel 3. 7).

Tabel 3. 6 Panjang fetch efektif arah Timur, Tenggara dan Selatan

No	α	$\cos \alpha$	Xi			Xi $\cos \alpha$			
			E	SE	S	E	SE	S	
1	24	0.914	0.15	1,500	1	0.14	1,370.32	0.91	
2	21	0.934	0.15	1,500	1	0.14	1,400.37	0.93	
3	18	0.951	0.16	1,500	1	0.15	1,426.58	0.95	
4	15	0.966	0.17	1,500	0.5082	0.16	1,448.89	0.49	
5	12	0.978	0.18	1,500	0.4569	0.17	1,467.22	0.45	
6	9	0.988	0.19	1,500	0.4157	0.18	1,481.53	0.41	
7	6	0.995	0.19	1,500	0.3823	0.19	1,491.78	0.38	
8	3	0.999	0.20	1,500	0.3546	0.20	1,497.94	0.35	
9	0	1.000	0.20	1,500	0	0.20	1,500.00	-	
10	3	0.999	0.73	1,500	0	0.73	1,497.94	-	
11	6	0.995	0.73	1,500	0	0.72	1,491.78	-	
12	9	0.988	0.72	1,500	0	0.72	1,481.53	-	
13	12	0.978	0.72	1,500	0	0.71	1,467.22	-	
14	15	0.966	0.72	1,500	0	0.70	1,448.89	-	
15	18	0.951	0.72	1,500	0	0.69	1,426.58	-	
16	21	0.934	1.00	1,500	0	0.93	1,400.37	-	
17	24	0.914	1.00	1,500	0	0.91	1,370.32	-	
TOTAL			16.45	7.95	25500.00	5.12	7.66	24669.29	4.88
FETCH EFEKTIF (Km)						0.47	1,500.00	0.30	

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)



Gambar 3. 16 Pengukuran jarak lokasi ke Australia dengan *Google Earth* arah tenggara



Gambar 3. 17 Pengukuran jarak lokasi ke Australia dengan *Google Earth* arah selatan

Pada Gambar 3. 16 menjelaskan bahwa jarak fetch arah tenggara dan Gambar 3. 17 jarak fetch arah selatan dari lokasi Teluk Candrian memiliki jarak yang sangat jauh jika diukur jarak sampai ke Australia. Dengan menggunakan *Google Earth* didapat jarak 1.386,39 Km untuk arah tenggara sedangkan didapat jarak 1.501,66 Km untuk arah selatan.

Untuk memastikan apakah fetch masuk dalam *fully developed* atau *non fully developed*, dapat dilakukan perhitungan yang mengikuti diagram alir yang ada di Bab II Gambar 2.5.

Berikut adalah contoh perhitungan untuk mengetahui termasuk *non fully developed* atau *fully developed* :

$$\frac{gt}{Ua} = 68.8 \left(\frac{g^k}{Ua^2} \right)^{3/5} \leq 7.5 \times 10^4$$

$$Ua = 0,71 U_w^{1,23}$$

$$RL = 0.0017x^2 - 0.0829x + 1.8574$$

Dimana nilai x adalah U10 (Didapat dari grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan darat)

$$U_{10} = U \left(\frac{10}{y} \right)^{1/7}$$

$$U_w = U_{10} \times RL$$

Maka:

$$U_{10} = 6 \text{ m/s} \left(\frac{10}{10} \right)^{1/7}$$

$$U_{10} = 6 \text{ m/s}$$

$$RL = 0.0017x^2 - 0.0829x + 1.8574$$

$$RL = 0.0017 \times 7,55^2 - 0.0829 \times 7,55 + 1.8574$$

$$RL = 1,33$$

$$U_w = U_{10} \times RL$$

$$U_w = 7,55 \times 1,33$$

$$U_w = 10,03$$

$$U_a = 0,71 U_w^{1,23}$$

$$U_a = 0,71 \times 10,03^{1,23}$$

$$U_a = 12,10 \text{ m/s}$$

$$\frac{gt}{U_a} = 68.8 \left(\frac{g^F}{U_a^2} \right)^{3/5} \leq 7.5 \times 10^4$$

$$\frac{gt}{U_a} = 68.8 \left(\frac{9.8 \text{ m/s}^2 \times 1.386.390 \text{ m}}{12,10^2 \text{ m/s}} \right)^{3/5} \leq 7.5 \times 10^4$$

$$\frac{gt}{U_a} = 228.787,41 \leq 7.5 \times 10^4$$

Karena hasil yang didapat lebih besar dari syarat yang ditentukan, maka termasuk dalam *fully developed*. Perhitungan seperti diatas dilakukan untuk menganalisa data angin dari stasiun Ngurah Rai selama 10 tahun (2008 sampai 2017)

3.7 Wind-Wave Hindcasting

Dalam penentuan periode ulang dari kejadian ekstrim, maka dilakukan analisis terhadap data angin pada stasiun Ngurah Rai tersebut. Selajutnya dilakukan prediksi gelombang dengan menggunakan dua kriteria yaitu *duration limited* dan *fully developed*. *Duration limited* adalah bangkitan gelombang yang dibatasi oleh waktu berhembusnya angin. Dikarenakan tidak adanya data pencatatan durasi, maka diasumsikan durasi angin selama 6 jam (kisaran waktu angin berhembus adalah 3-6 jam). Lokasi pelabuhan yang menghadap Samudera Hindia menyebabkan bangkitan gelombang fetch limited diabaikan.

Dari dua kondisi tersebut kemudian dipilih tinggi gelombang maksimum yang kemudian diasumsikan sebagai gelombang tahunan (H_o). Berikut ini hasil perhitungan bangkitan gelombang tersebut ditampilkan pada Tabel 3. 8. Perhitungan tersebut dilakukan 12 bulan selama 10 tahun.

Tabel 3. 7 Analisa fully developed dan non fully developed

Bulan	Tanggal	Angin			U10 (m/s)	RL (m/s)	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
		Arah	kecepatan (knot)	kecepatan (m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
JANUARI	1	E	5	2.5	2.5	1.62	4.06	3.98	465.8	9.81	21600	53247.00	Non Fully Developed	1218.7	Fetch Limited		0.04	0.77
	23	S	5	2.5	2.5	1.62	4.06	3.98	296.8	9.81	21600	53247.00	Non Fully Developed	902.4	Fetch Limited		0.04	0.66
	24	E	5	2.5	2.5	1.62	4.06	3.98	465.8	9.81	21600	53247.00	Non Fully Developed	1218.7	Fetch Limited		0.04	0.77
	25	E	4	2	2	1.66	3.32	3.11	465.8	9.81	21600	68162.09	Non Fully Developed	1323.3	Fetch Limited		0.03	0.71
	26	S	5	2.5	2.5	1.62	4.06	3.98	296.8	9.81	21600	53247.00	Non Fully Developed	902.4	Fetch Limited		0.04	0.66
Bulan	Tanggal	Angin			U10 (m/s)	RL (m/s)	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
		Arah	kecepatan (knot)	kecepatan (m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
FEBRUARI	4	E	10	5	5	1.45	7.24	8.10	465.8	9.81	21600	26144.84	Non Fully Developed	961.5	Fetch Limited		0.09	0.97
	6	E	3	1.5	1.5	1.70	2.55	2.24	465.8	9.81	21600	94486.59	Fully Developed				0.12	1.86
	14	E	17	8.5	8.5	1.22	10.39	12.64	465.8	9.81	21600	16767.65	Non Fully Developed	829.1	Fetch Limited		0.14	1.13
Bulan	Tanggal	Angin			U10 (m/s)	RL (m/s)	Uw (m/s)	Ua (m/s)	F (m)	g (m/s ²)	td (detik)	g.td/Ua		Tc		Fmin (m)	Hmo (m)	Tp (detik)
		Arah	kecepatan (knot)	kecepatan (m/s)								hasil	ket	hasil	ket			
MARET	8	E	4	2	2	1.66	3.32	3.11	465.8	9.81	21600	68162.09	Non Fully Developed	1323.3	Fetch Limited		0.03	0.71
	9	E	6	3	3	1.59	4.76	4.84	465.8	9.81	21600	43748.10	Non Fully Developed	1141.4	Fetch Limited		0.05	0.82
	10	E	4	2	2	1.66	3.32	3.11	465.8	9.81	21600	68162.09	Non Fully Developed	1323.3	Fetch Limited		0.03	0.71
	11	E	5	2.5	2.5	1.62	4.06	3.98	465.8	9.81	21600	53247.00	Non Fully Developed	1218.7	Fetch Limited		0.04	0.77
	12	E	4	2	2	1.66	3.32	3.11	465.8	9.81	21600	68162.09	Non Fully Developed	1323.3	Fetch Limited		0.03	0.71
	13	E	4	2	2	1.66	3.32	3.11	465.8	9.81	21600	68162.09	Non Fully Developed	1323.3	Fetch Limited		0.03	0.71
	14	SE	4	2	2	1.66	3.32	3.11	1,500,000.0	9.81	21600	68162.09	Non Fully Developed	288557.9	Duration Limited	30720.09	0.28	2.85
	16	SE	5	2.5	2.5	1.62	4.06	3.98	1,500,000.0	9.81	21600	53247.00	Non Fully Developed	265756.4	Duration Limited	34757.32	0.38	3.22
	17	E	4	2	2	1.66	3.32	3.11	465.8	9.81	21600	68162.09	Non Fully Developed	1323.3	Fetch Limited		0.03	0.71
	18	SE	8	4	4	1.52	6.07	6.52	1,500,000.0	9.81	21600	32487.65	Non Fully Developed	225402.2	Duration Limited	44497.40	0.70	4.13
	28	E	4	2	2	1.66	3.32	3.11	465.8	9.81	21600	68162.09	Non Fully Developed	1323.3	Fetch Limited		0.03	0.71

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir analisa fully developed dan non fully developed)

Berikut ini adalah hasil dari perhitungan tinggi gelombang tertinggi yang diambil setiap tahun selama 10 tahun (2008-2017) pada analisa fully developed dan non fully developed dengan arah datang angin yang berpengaruh pada lokasi dermaga. (Lihat Tabel 3. 8)

Tabel 3. 8 Hasil perhitungan gelombang
St.Ngurah Rai

Tahun ke-	H gel	T	Arah
	(m)	(dt)	
2008	0.92	4.60	Tenggara
2009	1.43	5.48	Tenggara
2010	1.03	4.76	Tenggara
2011	1.13	5.00	Tenggara
2012	2.02	6.30	Tenggara
2013	1.61	5.75	Tenggara
2014	1.13	5.00	Tenggara
2015	0.7	4.13	Tenggara
2016	0.59	3.86	Tenggara
2017	0.6	3.86	Tenggara

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)

Perhitungan periode ulang menggunakan distribusi weibull dengan langkah perhitungan seperti pada Bab II. Dan berikut ini merupakan hasil perhitungan periode ulang gelombang yang dapat dilihat pada Tabel 3. 9 dan Tabel 3. 10

Tabel 3. 9 Tinggi gelombang maksimal
dari nilai terbesar ke terkecil

Tahun	H gel maks (m)
2012	2.02
2013	1.61
2009	1.43
2011	1.13
2014	1.13
2010	1.03
2008	0.92
2015	0.70
2017	0.60
2016	0.59

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)

Tabel 3. 10 Perhitungan regresi linear tinggi gelombang periode ulang metode weibull

m	Hsm	P	ym	Hsm x ym	ym ²	(Hsm-Hr) ²	\hat{H}_{sr}	Hsm- \hat{H}_{sr}	(Hsm- \hat{H}_{sr}) ²
1	2.02	0.949	4.852	9.801	23.540	0.817	2.286	-0.266	0.071
2	1.61	0.850	2.525	4.065	6.375	0.244	1.544	0.066	0.004
3	1.43	0.750	1.608	2.300	2.586	0.099	1.252	0.178	0.032
4	1.13	0.651	1.078	1.218	1.162	0.000	1.082	0.048	0.002
5	1.13	0.552	0.727	0.822	0.529	0.000	0.971	0.159	0.025
6	1.03	0.453	0.480	0.495	0.231	0.007	0.892	0.138	0.019
7	0.92	0.353	0.300	0.276	0.090	0.038	0.834	0.086	0.007
8	0.7	0.254	0.169	0.118	0.029	0.173	0.793	-0.093	0.009
9	0.6	0.155	0.076	0.045	0.006	0.266	0.763	-0.163	0.027
10	0.59	0.056	0.016	0.009	0.000	0.277	0.744	-0.154	0.024
Jumlah	11.160	5.023	11.831	19.149	34.548	1.922			

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)

Berikut ini contoh perhitungan untuk $m=1$ dengan tinggi gelombang 2,02 m:

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad P(H_s \leq H_{sm}) &= 1 - \frac{m - 0,2 - \frac{0,22}{\sqrt{k}}}{N_T + 0,2 + \frac{0,22}{\sqrt{k}}} \\
 &= 1 - \frac{1 - 0,2 - \frac{0,22}{\sqrt{0,69}}}{10 + 0,2 + \frac{0,22}{\sqrt{0,69}}} \\
 &= 0,949
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad y_m &= -\ln\{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\} \\
 &= -\ln\{-\ln 0,949\} \\
 &= 4,852
 \end{aligned}$$

$$\bullet \quad H_{sm} \cdot y_m = 2,02 \cdot 4,852 = 9,801$$

$$\bullet \quad y_m^2 = 4,852^2 = 23,540$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \bar{H}_r &= \frac{\sum H_{sm}}{n} \\
 &= \frac{11,160}{10} \\
 &= 1,116
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad (H_{sm} - \bar{H}_r)^2 &= (2,02 - 1,116)^2 \\
 &= 0,817
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \bar{y}_m &= \frac{\sum y_m}{n} \\
 &= \frac{11,831}{10} \\
 &= 1,183
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \hat{A} &= \frac{n \cdot \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \cdot \sum y_m}{n \cdot \sum (y_m^2) - (\sum y_m)^2} \\
 &= \frac{10 \cdot 11,831 - 19,149}{10 \cdot 23,548 - 34,548^2} \\
 &= 0,31
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \hat{B} &= \bar{H}_r - \hat{A} \cdot \bar{y}_m \\
 &= 1,116 - 0,31 \cdot 1,1831 \\
 &= 0,738
 \end{aligned}$$

Maka persamaan regresi yang diperoleh sebagai berikut:

$$\hat{H}_r = \hat{A} \cdot y_m + \hat{B} = 0,31 \cdot y_m + 0,739$$

Tabel 3. 11 Tinggi gelombang periode ulang metode weibull

Periode Ulang (th)	Yr	Hsr (m)	onr	or	Hsr - 1,28 or	Hsr + 1,28 or
2	0.588	0.926	0.336	0.155	0.727	1.125
5	1.993	1.374	1.011	0.467	0.777	1.972
10	3.349	1.807	1.805	0.834	0.739	2.874
25	5.443	2.474	3.054	1.412	0.668	4.281
50	7.220	3.041	4.121	1.905	0.604	5.479
100	9.146	3.656	5.279	2.439	0.533	6.778

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)

Pada Tabel 3. 11 merupakan hasil perhitungan tinggi gelombang periode ulang metode weibull , dan berikut ini contoh perhitungan untuk periode ulang 50 tahun:

- $$y_r = \{\ln(L \cdot T_r)\}^{1/K}$$

$$= \left\{ \ln \left(\frac{N_T}{K} \cdot T_r \right) \right\}^{1/K}$$

$$= \left\{ \ln \left(\frac{10}{10} \cdot 50 \right) \right\}^{1/0,69}$$

$$= 7,220$$
- $$H_{sr} = \hat{A} \cdot y_r + \hat{B}$$

$$= 0,319 \cdot 7,220 + 0,739$$

$$= 3,041$$
- $$\alpha = \alpha_1 \cdot e^{\alpha_2 N^{-1,2} + k \sqrt{-\ln v}}$$

$$= \alpha_1 \cdot e^{\alpha_2 N^{-1,2} + k \sqrt{-\ln \left(\frac{N}{N_T} \right)}}$$

$$= 2,05 \cdot e^{11,4 \cdot 10^{-1,2} + 0,69 \sqrt{-\ln \left(\frac{10}{10} \right)}}$$

$$= 3,630$$
- $$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha \cdot (y_r - c + \varepsilon \cdot \ln v)^2]^{1/2}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{10}} \left[1 + 3,630 \cdot \left(7,220 - 0,40 + 0,72 \cdot \ln \left(\frac{10}{10} \right) \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$= 4,121$$

$$\bullet \quad \sigma_{H_s} = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 \right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{1}{10-1} \cdot 1,922 \right]^{1/2}$$

$$= 0,462$$

$$\bullet \quad \sigma_r = \sigma_{nr} \cdot \sigma_{H_s}$$

$$= 4,121 \cdot 0,462$$

$$= 1,905$$

$$\bullet \quad H_{sr} - 1,28 \cdot \sigma_r = 3,041 - 1,28 \cdot 1,905$$

$$= 0,604$$

$$\bullet \quad H_{sr} + 1,28 \cdot \sigma_r = 3,041 + 1,28 \cdot 0,964$$

$$= 5,479$$

Tabel 3. 12 Periode ulang gelombang

Periode Ulang (Thn)	Tinggi Gelombang (m)
2	1.125
5	1.972
10	2.874
25	4.281
50	5.479
100	6.778

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)

Dengan hasil periode ulang tersebut (Lihat Tabel 3. 12), breakwater perlu dipertimbangkan untuk menghindari keterlambatan operasional bongkar/muat dan menghindari kerusakan atau kecelakan operasional.

3.8 Data Tanah

Data tanah yang didapat merupakan data sekunder. Data tanah sangat diperlukan khususnya untuk perencanaan struktur yang akan digunakan pada breakwater dan jetty. Dengan data tanah, maka akan didapatkan daya dukung ijin tanah terhadap penentuan struktur breakwater dan jetty. Pelaksanaan soil investigation dilakukan pada bulan Februari – April 2015. Terdapat tiga titik pengambilan data tanah yaitu BH-1, BH-2 dan BH-3 yang dapat dilihat pada Gambar 3. 18 dan Tabel 3. 13.



Gambar 3. 18 Lokasi titik bore hole
(Sumber : Data sekunder untuk tugas akhir)

Tabel 3. 13 Koordinat titik bore hole

Point	Northing (m)	Easting (m)
BH ₁	9043939	175557
BH ₂	9044001	175513
BH ₃	9043901	175483

(Sumber : Data sekunder untuk tugas akhir)

Hasil pengeboran dasar laut yang dilaksanakan pada kedalaman -2.5 m sampai kedalaman -7 m dari permukaan air laut menghasilkan pengeboran sedalam sekitar 18 m dari permukaan air laut dan kedalaman pengeboran di bawah seabed bervariasi dari 14 m pada kedalaman -2.5 m dan semakin tipis mencapai 8 m di kedalaman -7 m. Hasil pengujian nilai SPT, menunjukkan lapisan tanah di area ini didominasi lapisan tanah keras dari jenis batuan diorite dengan ukuran butiran berbentuk silt atau tercampur dengan *sand* (pasir) di bagian permukaan dan berbentuk gravel (kerikil sampai bongkahan) di lapisan yang lebih dalam (Lihat Gambar 3. 19 dan Gambar 3. 20). Nilai SPT di lapisan permukaan masih cukup tinggi dan pada kedalaman 2 m dari permukaan langsung terdapat lapisan tanah keras dengan SPT 50 (Lihat Tabel 3. 14, Tabel 3. 15, dan Tabel 3. 16). Untuk memperhitungkan stabilitas tanah diperlukan beberapa parameter yang berkaitan. Pada Tabel 3. 17 merupakan hasil korelasi dari parameter tanah yang sesuai dengan jenis tanah di lokasi.

Tabel 3. 14 Hasil Bore Log BH-1

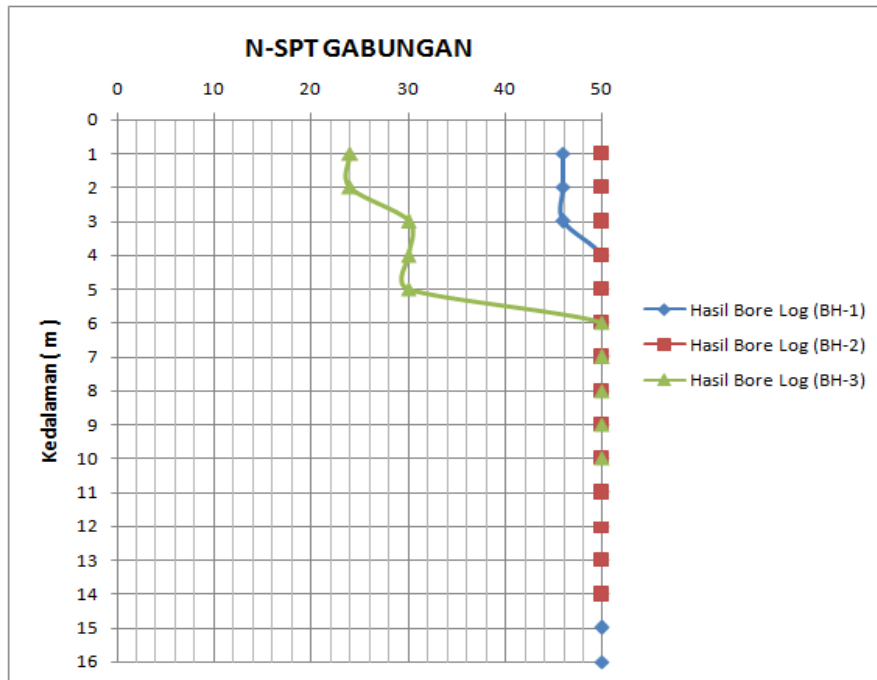
BORHOLE LOG					HOLE NO. : BH-1	page: 1 of 1			
DRILLING : CORING		PROJECT : CANDRIAN BAY - Proyek Bak & Tengg			ELEV. : 4 m	DRILLER : Supriyo			
RIG : Longear		LOCATION : Candrian, Pasanggrahan, Banjarsung, East Java			E : 175557m E	LOGGED BY : Yogi			
DEPTH : 16.06m		SITE : Nonshore			N : 9043939m S	GWL : -			
DATE	DEPTH (m)	INITIAL LOG SYMBOL	CLASSIFICATION	SAMPLER SYMBOL	DESCRIPTION	CORE RECOVERY (%)	STANDARD PENETRATION TEST		
						CASING	NUMBER OF BLOWS	GRAPH	
						ROD DIA	N ₁ N ₂ N ₃	10 20 30 40 50	
4 Mar 2015	1				Gravels	0.1			
	2		SP		Poor graded SAND, Compacted, grayish brown	100		20 35 11	45
	3					100			
	4		SW		Well graded SAND with silt and gravel, compacted, grayish brown	70		20 35 11	>50
	5		SM			52.2			
5 Mar 2015	6				Weathered Diorite, brown, broken to intact	6.1	70		>50
	7					73	50/11 cm		>50
	8					100	50/9 cm		>50
	9					100			
	10					100	50/8 cm		>50
6 Mar 2015	11				Diorite, greenish grey, hard, porphyritic texture, intact, minor fractured, fresh, un oxidized	50			
	12					100	50/11 cm		>50
	13					72			
	14					100	50/9 cm		>50
	15					100			
	16				END OF HOLE : 16.06 m from GL	100.0	50/6 cm		>50

Tabel 3. 15 Hasil Bore Log BH-2

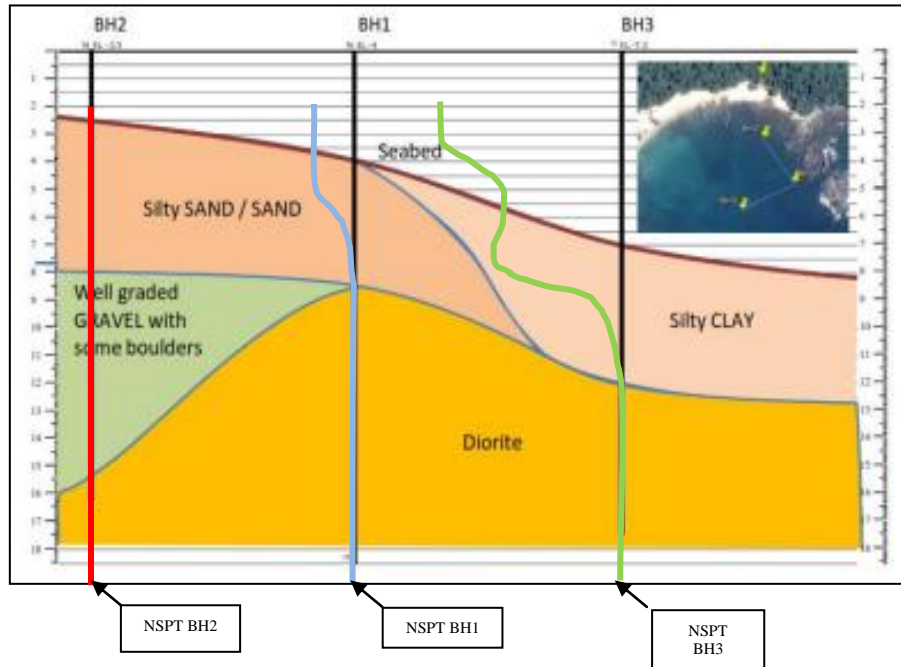
BORHOLE LOG					HOLO. NO. BH-2	page: 1 of 1									
DRILLING: CORING		PROJECT : CANDRIAN BAY - Proyek Bukit Tugu			ELEV. : -2.5m	DRILLER : Supargo									
RIG : Longyear		LOCATION : Candrian, Paunggrahan, Banyuwangi, East Java			E : 175513 m E	LOGGED BY : Yaghi									
DEPTH : 16.06m		SITE : Naurahon			N : 9044001 m S	GWL : -									
DATE	DEPTH (M)	LITHOLOGUE SYMBOL	CLASSIFICATION	SAMPLER SYMBOL	DESCRIPTION	CORE RECOVERY (%)	CASING	STANDARD PENETRATION TEST							
								NUMBER OF BLOWS	GRAPH		N-VALUE				
								N ₁	N ₂	N ₃	30	30	40	50	
15-17 Feb 2015	1				Gravels	100									
	2		SM	UCS	Silty SAND, grayish brown	100			11	25	27	100%		> 50	
	3				SANDSTONE grayish brown	100									
	4		SM		Silty SAND, Compacted, grayish brown	90			37	40	100	100%		> 50	
	5		SP		Poorly graded SAND grayish brown	85									
18 Feb 2015	6				Wellgraded GRAVEL with some boulders, grayish brown	100			30	50	100	100%		> 50	
	7		GW			100									
	8				Wellgraded GRAVEL with some boulders, brownish gray	82.4			39	50	100	100%		> 50	
	9		GW			100									
	10					100			50	7	100	100%		> 50	
19 Feb 2015	11		GW		Wellgraded GRAVEL with some boulders, some trace of sand, blackish gray	100									
	12					100			50	9	100	100%		> 50	
	13				Diorite, greenish grey, solid, minor fractured, fresh	100									
	14				END OF HOLE : 16.05 m from GL	100			50	5	100	100%		> 50	
	15														

Tabel 3. 16 Hasil Bore Log BH-3

BORHOLE LOG						HOLE NO. : BH-3		page: 1 of 1				
DRILLING - CORING		PROJECT : CANDRIAN BAY - Proyek Bukit Tajah				ELEV. : -7.2m		DRILLER : Saudi				
REG. : Longsair		LOCATION : Candrian, Pasanggahan, Bungusangi, East Java				E. : 175483 m E		LOGGED BY : Yasin				
DEPTH: 10.05m		SITE Nanshon				N. : 9043901 m S		GWL : -				
DATE	DEPTH (M)	LITHOLOGE SYMBOL	CLASSIFICATION	SAMPLE SYMBOL	DESCRIPTION	CORE RECOVERY (%)	CASING	RPM/PS	STANDARD PENETRATION TEST			
									NUMBER OF BLOWS		GRAPH	N-VALUE
									N ₁	N ₂		
24-27 April 2015	1		ML		Corals, gray - blue	100						
					Sandy SILT, dark brown	100						
			CH		SiltyCLAY, dark brown - gray	100						
	2		GW		Well graded GRAVEL with some boulders, gray	100						
									8	10	14	20
	3											
			CH		SiltyCLAY, yellowish brown - gray	100						
	4											
									20	14	10	30
	5											
6												
								50/10cm			>50	
7												
8					Diorite, greenish grey, hard solid, minor fractured, fresh, un oxidized	95						
								50/6cm			>50	
9												
10												
								50/5 cm			>50	
11					END OF HOLE : 10.05 m from GL	100						



Gambar 3. 19 Nilai N-SPT gabungan terhadap kedalaman



Gambar 3. 20 Stratigrafi lapisan tanah

Tabel 3. 17 Parameter data tanah

No.	Kedalaman (m)	N-SPT	Deskripsi Lapisan	Klasifikasi	Ysat		Yunsat		E		v	C	Ø	
					(KN/m²)	(t/m²)	(KN/m²)	(t/m²)	Mpa	KN/m²				
1	0	2	46	Sand, Compacted, Grayish brown	Cohesionless	20	2	18	1.8	69	69000	0.2	0	40
2	2	4	50			20	2	18	1.8	69	69000	0.2	0	40
3	4	5	50	Well graded sand with silt and gravel, compacted, grayish brown	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
4	5	7	50	Diorite, brown, broken to intact	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
5	8	9	50	Diorite, greenish grey, hard, porphyritic texture, intact, minor fracture, unoxidized	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
6	10	11	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
7	12	13	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
8	14	15	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40

Bore Log 2

No.	Kedalaman (m)	N-SPT	Deskripsi Lapisan	Klasifikasi	Ysat		Yunsat		E		v	C	Ø	
					(KN/m²)	(t/m²)	(KN/m²)	(t/m²)	Mpa	KN/m²				
1	0	-2	50	Silty sand, grayish brown	Cohesive	20	2	18	1.8	69	69000	0.2	0	25
2	-2	-4	50	Sand stone,silty sand, compacted,grayish brown	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
3	-4	-6	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
4	-6	-8	50	Well graded gravel with some boulder, sand, blackish gray	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
5	-8	-10	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
6	-10	-12	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
7	-12	-14	50	Diorite, greenish gray, solid, minor fracture, fresh	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40

Bore Log 3

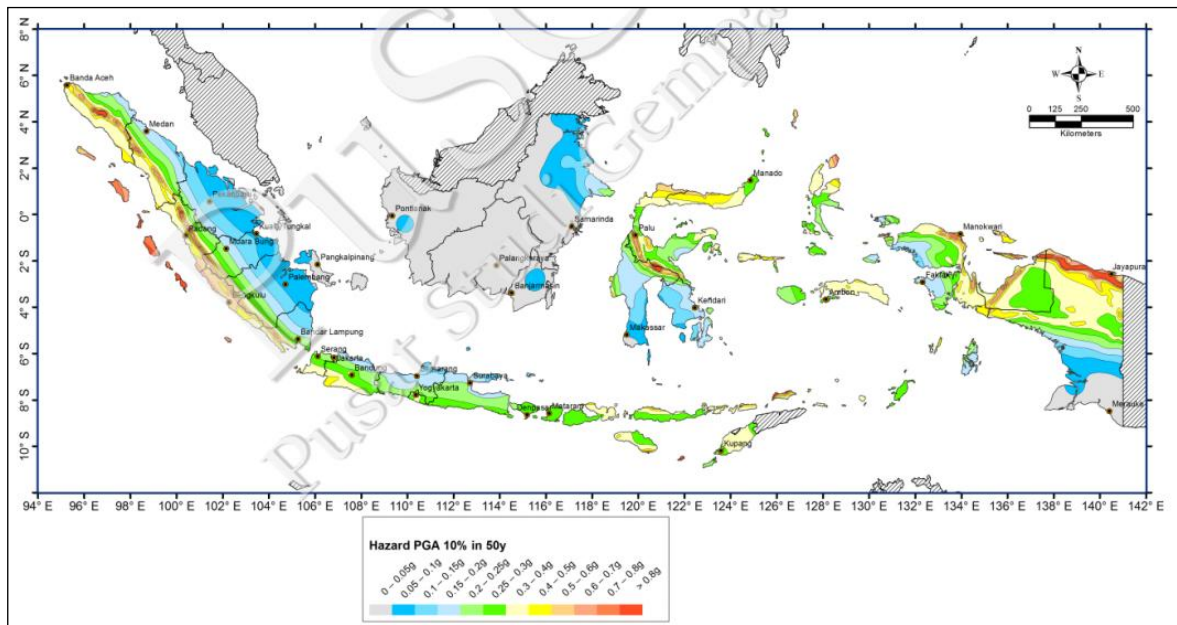
No.	Kedalaman (m)	N-SPT	Deskripsi Lapisan	Klasifikasi	Ysat		Yunsat		E		v	C	Ø	
					(KN/m²)	(t/m²)	(KN/m²)	(t/m²)	Mpa	KN/m²				
1	0	-2	24	Sandy silt, well graded gravel	Cohesionless	18	1.8	16	1.6	30	30000	0.3	100	25
2	-2	-4	50	Silty clay, yellowish brown, gray	Cohesive	20	2	18	1.8	16	16000	0.4	133	20
3	-4	-5	50			20	2	18	1.8	16	16000	0.4	133	20
4	-6	-7	50	Diorite, greenish grey, hard solid, minor fractured, fresh, unoxidized	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
5	-8	-9	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40

(Sumber : Hasil korelasi parameter tana)

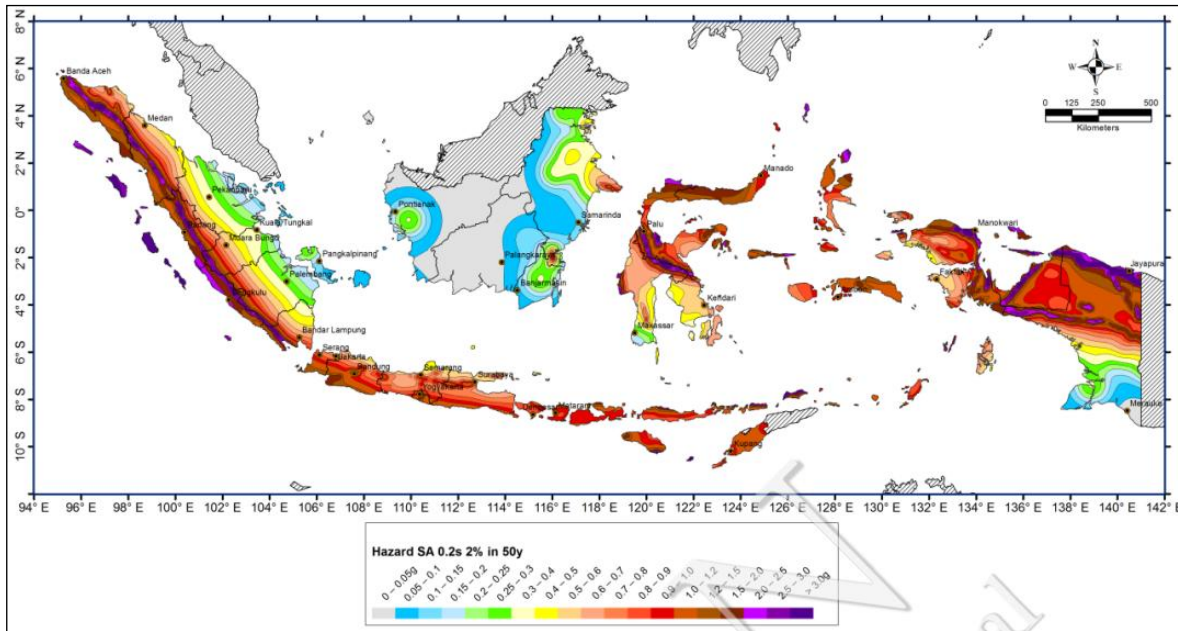
3.9 Data Gempa

Kejadian gempa mempengaruhi perencanaan bangunan dan terkait peraturan gempa yang berlaku di Indonesia yaitu Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 (ISBN 978-602-5489-01-3). Kondisi kegempaan yang perlu diperhatikan dalam peta gerakan tanah seismic dan koefisien resiko dari gempa maksimum di wilayah desa Candrian, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi menghasikan:

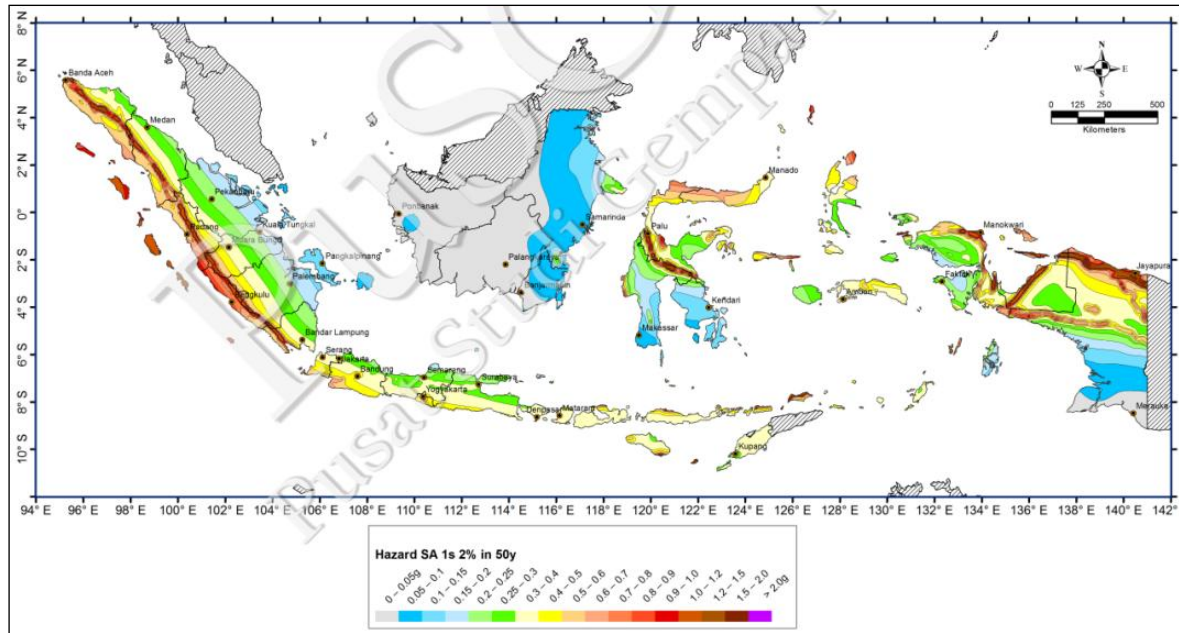
- Parameter nilai percepatan respons spectral gempa untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun = $0,25g - 0,3g$, Lihat Gambar 3. 21
- Parameter nilai percepatan respons spectral gempa pada periode pendek, $S_s = 0,9g - 1,0g$, Lihat Gambar 3. 22
- Parameter nilai percepatan respons spectral gempa pada periode 1 detik, $S_s = 0,3g - 0,4$, Lihat Gambar 3. 23.



Gambar 3. 21 Peta percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



Gambar 3. 22 Peta percepatan spektrum respons 0,2 detik dibatuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun



Gambar 3. 23 Peta percepatan spektrum respons 1,0 detik dibatuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

KRITERIA DESIGN

4.1 Peraturan Yang Digunakan

Dalam tugas akhir ini digunakan beberapa peraturan sebagai dasar dalam perencanaan, antara lain:

1. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.61 Tahun 2009 Tentang Kepelabuhanan
2. Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM.54 Tahun 2002 Tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Laut
3. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. ISBN 978-602-5489-01-3
4. Daya Dukung Pondasi Dangkal, Dr.Ir.Herman Wahyudi
5. Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 2002, The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). Sebagai pedoman perhitungan struktur, layout, bollard dan tabelnya, serta data-data kapal.
6. Harbour Approach Channels Design Guidelines PIANC (2014). Digunakan untuk evaluasi layout perairan.
7. Shore Protection Manual 1984, Coastal Engineering Research Center. Digunakan untuk mendesign breakwater.
8. British Standard 6349-7:1991, Guide to the design and construction of breakwaters, digunakan untuk menghitung struktur *vertical breakwater*.

4.2 Data Kapal

Dalam tugas akhir ini, telah ditentukan type dan ukuran kapal yang akan merapat di Tersus Candrian. Type dan ukuran kapal yang didatangkan berupa kapal LCT, Lihat Gambar 4. 1

Untuk kapal *Landing Craft Tank* (LCT) berukuran 1200 DWT (*Dead Weight Tonnage*) atau dikenal sebagai dengan kapasitas angkut dengan GRT/NRT (*Gross/Nett Registered Tonnage*) sebesar sekitar 969,6 ton. Kapal LCT merupakan kapal

jenis *Ro-Ro*, LCT memiliki pintu rampa (*ramp door*) yang digunakan sebagai jembatan penghubung antara dermaga dan kapal. Pintu rampa ini umumnya terletak pada haluan atau buritan kapal, saat merapat di dermaga pintu rampa akan terbuka kebawah. Saat pintu rampa terbuka maka kendaraan dapat melintas dari kapal ke dermaga ataupun sebaliknya.

Berdasarkan beberapa data kapal yang ada di Indonesia saat ini, digunakan kapal dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Kapal LCT 1200 DWT
(Sumber : www.vipshipping.co.id)

Spesifikasi kapal LCT 1200 DWT adalah sebagai berikut :

<i>Length Over All</i>	= 60,60 m
<i>Length Main Deck</i>	= 55,00 m
<i>Breadth</i>	= 13,50 m
<i>Depth</i>	= 3,35 m
<i>Draft</i>	= 3,30 m
<i>Dead Weight</i>	= 1200 ton
<i>Loading on deck</i>	= 750 ton
<i>Deck Space</i>	= 46 m x 11 m + 8 m x 6 m
<i>Ramp door (W x L)</i>	= 9.20 x 9 m
<i>Fuel Oil</i>	= 90.000 m ³
<i>Fresh water</i>	= 80.000 m ³
<i>Max speed</i>	= 7 knot/h

Kapal LCT (*Landing Craft Tank*) pada proyek ini difungsikan sebagai kapal pengangkut alat berat untuk operasional

pertambangan. Kelebihan menggunakan kapal jenis LCT untuk transportasi pertambangan:

- Kapal LCT tidak membutuhkan pelabuhan yang besar dalam mendaratkan barang angkutan
- Dapat bongkar muat dengan mudah, karena bisa digunakan pada perairan yang dangkal

4.3 Kriteria Alat Berat

Pada Tabel 4. 1 adalah alat berat yang akan digunakan dalam proses konstruksi breakwater dan jetty di Teluk Candrian, Banyuwangi.

Tabel 4. 1 Daftar alat berat yang akan digunakan untuk konstruksi breakwater dan jetty

Peralatan	Merk	Tipe	Kapasitas
Ekskavator	Komatsu	PC800SE-7	20 ton
Dump truck	Caterpillar	740D	38 ton
Crawler Crane	Sumitomo	LS-118RH5	50 ton
Ponton	-	230 feet	4000 ton
Tugboat	-		

Gambar alat berat yang ada di Tabel 4. 1 dapat dilihat pada Gambar 4. 2, Gambar 4. 3, Gambar 4. 4, dan Gambar 4. 5.



Gambar 4. 2 Ekskavator komatsu PC800SE-7
(Sumber: www.komatsu.com)



Gambar 4. 3 Dumptruk artukulasi 740D
(Sumber: www.cat.com)



Gambar 4. 4 Crawler Crane 50 ton
(Sumber: zwagerman.com)



Gambar 4. 5 Ponton 230 feet dan tugboat
(Sumber: <https://kapaltongkang.weebly.com>)

4.4 Kualitas Material

Di dalam perencanaan dermaga dan breakwater terdapat beberapa material yang menjadi pertimbangan sebagai lapisan pelindung. Diantaranya batu pecah alam (Lihat Gambar 4. 6), kubus beton (Lihat Gambar 4. 7) dan tetrapod (Lihat Gambar 4. 8).

Untuk menentukan jenis material yang akan digunakan, akan dilakukan perhitungan terlebih dahulu. Dari hasil perhitungan berat satuan batuan untuk breakwater (Bab V) dan jetty (Bab VIII) yang menggunakan rumus Hudson) dan rumus Van Der Meer dipilih berdasarkan material yang mampu mereduksi energy gelombang agar tinggi gelombang yang mendekati pantai tidak mengganggu proses bongkar muat kapal.



Gambar 4. 6 Batu pecah sebagai material breakwater dan jetty



Gambar 4. 7 Kubus beton tanpa tulangan sebagai material breakwater dan jetty



Gambar 4. 8 Tetrapod sebagai material breakwater dan jetty

4.5 Bollard

Kapal rencana yang akan bertambat pada dermaga adalah kapal jenis LCT. Berdasarkan peraturan OCDI, hubungan antara DWT (Deadweight tonnage) dan GT (Gross tonnage) kapal berjenis Roll-on/Roll-off adalah $GT = 0.808 DWT$. Sehingga untuk kapal 1200 DWT memiliki GT sebesar 969,6 ton. Maka bollard yang dipasang harus mampu menahan gaya tarik dari kapal LCT. Berikut ini adalah perhitungan bollard:

Type kapal yang digunakan adalah kapal LCT 1200 DWT, dengan GT 969,6 ton, maka untuk mencari nilai P_a mengikuti Tabel 4. 2

Tabel 4. 2 Gaya untuk bollard

Gross tonnage (GT) of vessel (tons)	Tractive force acting on a mooring post (kN)	Tractive force acting on a bollard (kN)
$200 < GT \leq 500$	150	150
$500 < GT \leq 1,000$	250	250
$1,000 < GT \leq 2,000$	350	250
$2,000 < GT \leq 3,000$	350	350
$3,000 < GT \leq 5,000$	500	350
$5,000 < GT \leq 10,000$	700	500
$10,000 < GT \leq 20,000$	1,000	700
$20,000 < GT \leq 50,000$	1,500	1,000

(Sumber :Technical Standard for Port and Harbour Facilities in Japan, 1991)

Didapat nilai $P_a = 250 \text{ Kn}$

- Gaya tarik akibat arus kapal

$$\gamma_c = 1.03 \text{ t/m}^3$$

$$A_c = L_oa \times Draft$$

$$= 60,60 \times 3,30$$

$$= 199,98$$

$$V_c = 1 \text{ m/dt}$$

$$C_c = 1,5$$

$$g = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$P_c = \frac{C_c \times \gamma_c \times A_c \times V_c^2}{2 \times 9,81}$$

$$P_c = \frac{1,5 \times 1 \times 200 \times 1^2}{2 \times 9,81}$$

$$P_C = 16 \text{ ton}$$

- Gaya tarik akibat angin

$$C_w = 1,3$$

$$\begin{aligned} A_w &= L_oa \times (Depth - Draft) \\ &= 60,60 \times (3,50 - 3,30) \\ &= 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_w &= B \times (Depth - Draft) \\ &= 13,50 \times (3,50 - 3,30) \\ &= 2,7 \end{aligned}$$

- $\phi = 45^\circ$

- $V_w = 5,5 \frac{m}{dt}$

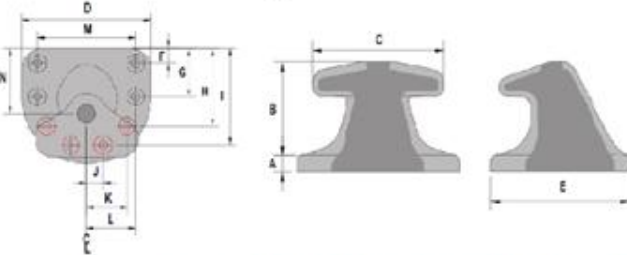
$$P_C = \frac{C_w \times (A_w \times \sin \phi + B_w \times \cos \phi) \times V_w^2}{1600}$$

$$P_C = \frac{1,3 \times (12 \times 0,7 + 2,7 \times 0,7) \times 5,5^2}{1600}$$

$$= 0,30 \text{ ton}$$

Jadi Gaya bollard yang dibutuhkan sebesar 20 ton yang mampu menahan gaya tarik akibat arus dan angin.

Tabel 4. 3 Dimensi bollard



Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

Metric Dimensions (mm)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	47	52	54	57	70	80	80	87	93	97
B	199	219	240	250	308	354	413	458	492	521
C	305	335	351	366	451	518	610	671	719	762
D	381	419	438	457	564	648	762	838	899	952
E	330	363	380	396	489	561	660	726	779	826
F	44	49	51	53	66	76	89	98	105	111
G	-	-	-	-	-	-	305	335	360	349
H	-	-	232	242	298	298	496	548	586	509
I	243	267	329	343	423	463	572	629	674	694
J	103	114	0	0	0	105	0	0	0	119
K	-	-	152	159	198	241	195	215	231	299
L	-	-	-	-	-	-	291	320	343	365
M	292	321	336	351	432	497	584	643	689	730
N	189	208	217	226	279	321	377	415	445	472
Bolt Size	M24	M24	M24	M30	M36	M42	M42	M48	M48	M56
Bolt Length	450	450	450	450	600	600	600	750	750	915
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8

(Sumber: Maritime International Bollard Catalog, 2010)



Gambar 4. 9 Bollard 20 ton

4.6 Fender

Setiap kapal yang akan bertambat di dermaga membutuhkan fender untuk menahan dorongan kapal terhadap struktur dermaga. Selain sebagai penahan terhadap dorongan kapal fender tersebut melindungi struktur dermaga dan kapal akibat tabrakan yang mungkin akan terjadi. Pada dermaga dengan timbunan batuan yang melayani kapal LCT, seperti pada perencanaan dermaga yang ada di Teluk Candrian ini tidak memerlukan adanya fender, dikarenakan kapal LCT dengan pintu rampa (*ramp door*) ketika akan bertambat terdapat jarak antara ujung kapal dengan struktur dermaga, dengan kata lain hampir tidak menyentuh bagian dermaga. Lihat Gambar 4. 10 . Seperti dermaga yang ada di beberapa daerah di Indonesia, dermaga dengan tipe timbunan batuan yang melayani kapal LCT tidak menggunakan fender. Lihat Gambar 4. 11, dan Gambar 4. 12.



Gambar 4. 10 Kapal LCT bertambat pada dermaga



Gambar 4. 11 Dermaga yang melayani kapal LCT



Gambar 4. 12 Dermaga dengan tipe timbunan yang melayani kapal LCT

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PERENCANAAN BREAKWATER

5.1 Umum

Breakwater atau pemecah gelombang berfungsi untuk melindungi pantai atau bangunan yang ada dibelakangnya dari serangan gelombang yang dapat merusak pantai atau bangunan tersebut. Agar mendapatkan jenis material yang efektif dan efisien, maka diperlukan perhitungan untuk menentukan jenis material yang akan digunakan. Perhitungan breakwater ini memperhatikan arah pengaruh gelombang datang, khususnya dari arah tenggara yang merupakan arah dominan di Teluk Candrian, Banyuwangi. Pada bab ini perhitungan perencanaan breakwater meliputi: refraksi gelombang, jenis material yang akan digunakan, berat material dan stabilitas breakwater.

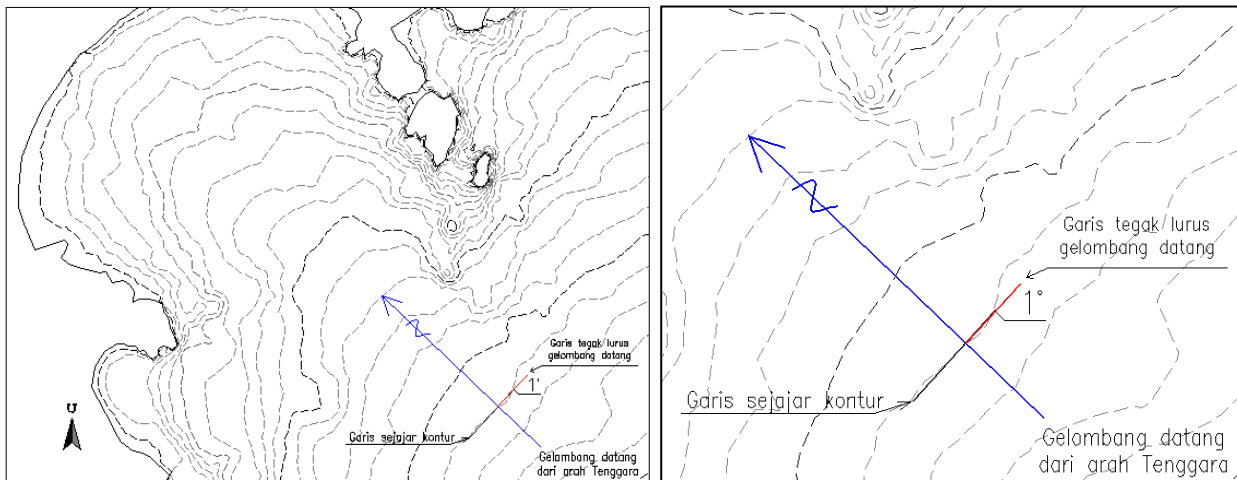
5.2 Refraksi Gelombang

Pada Bab III telah dilakukan perhitungan tinggi gelombang dengan periode ulang 50 tahun. Untuk mendapatkan tinggi gelombang yang ada di ujung breakwater maka akan dilakukan perhitungan refraksi dari tinggi gelombang tersebut. Lihat Tabel 5. 1

Tabel 5. 1 Perhitungan Refraksi

No	α_0	H	T	d	$L_0 = 1.56 T^2$	$C_0 = L_0/T$	d/L_0	d/L	$\tanh(2\pi d)/L$	L	$C = L/T$	$\sin \alpha_0$	$(C/C_0) \cdot \sin \alpha_0$	$\arcsin \alpha_0$	$Kr = (\cos \alpha_0 / \cos \alpha)^0$	Ks	$H = Kr \cdot Ks \cdot H$	$\gamma = H/d$	Ket
1	1.00	5.48	11.84	16	218.84	18.48	0.0731	0.1169	0.6263	137.18	11.58	0.02	0.01	0.63	1.0000	0.946	5.18	0.34	Normal
2	0.63	5.18	11.84	15	218.84	11.58	0.0685	0.1082	0.5915	129.55	10.94	0.01	0.01	0.59	1.0000	0.984	5.10	0.35	Normal
3	0.59	5.10	11.84	14	218.84	10.94	0.0640	0.1082	0.5920	129.66	10.95	0.01	0.01	0.59	1.0000	0.981	5.00	0.36	Normal
4	0.59	5.00	11.84	13	218.84	10.95	0.0594	0.1037	0.5737	125.66	10.61	0.01	0.01	0.57	1.0000	0.994	4.62	0.38	Normal
5	0.57	4.62	11.84	12	218.84	10.61	0.0548	0.0992	0.5537	121.28	10.24	0.01	0.01	0.55	1.0001	0.995	4.10	0.39	Normal
6	0.55	4.10	11.84	11	218.84	10.24	0.0503	0.0945	0.5329	116.72	9.85	0.01	0.01	0.53	1.0001	1.030	4.12	0.37	Normal
7	0.53	4.12	11.84	10	218.84	9.85	0.0457	0.0896	0.5106	111.83	9.44	0.01	0.01	0.51	1.0001	1.040	3.85	0.41	Normal
8	0.51	3.85	11.84	9	218.84	9.44	0.0411	0.0847	0.4873	106.74	9.01	0.01	0.01	0.49	1.0001	1.055	3.54	0.43	Normal
9	0.49	3.54	11.84	8	218.84	9.01	0.0366	0.0784	0.4334	94.92	8.01	0.01	0.01	0.43	1.0001	1.111	3.19	0.44	Normal
10	0.43	3.19	11.84	7	218.84	8.01	0.0320	0.0740	0.4346	95.19	8.04	0.01	0.01	0.43	1.0001	1.105	3.00	0.46	Normal
11	0.43	3.00	11.84	6	218.84	8.04	0.0274	0.0683	0.4055	88.80	7.50	0.01	0.01	0.41	1.0001	1.136	2.87	0.50	Normal
12	0.41	2.87	11.84	5	218.84	7.50	0.0228	0.0621	0.3717	81.41	6.87	0.01	0.01	0.37	1.0001	1.182	2.81	0.57	Normal
13	0.37	2.81	11.84	4	218.84	6.87	0.0183	0.05499	0.3324	72.80	6.15	0.01	0.01	0.33	1.0001	1.251	2.73	0.70	Pecah
14	0.33	2.73	11.84	3	218.84	6.15	0.0137	0.04739	0.2892	63.34	5.35	0.01	0.01	0.29	1.0001	1.334	2.65	0.91	Pecah
15	0.29	2.65	11.84	2	218.84	5.35	0.0091	0.03843	0.2369	52.46	4.43	0.01	0.00	0.24	1.0001	1.467	2.52	1.33	Pecah

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)



Gambar 5. 1 Sudut terhadap garis kontur (α°)

Berikut ini langkah perhitungan refraksi (contoh nomor 1) pada Tabel 5. 1 :

- $H = 5,48 \text{ m}$ (Hasil dari perhitungan periode ulang)
- $T = 11,84$
- $\alpha_o = 1^\circ$ (Lihat Gambar 5. 1)
- $d = 16 \text{ m}$
- $L_o = 1,56 \times 11,84$
 $= 218,84 \text{ m}$
- $C_o = \frac{218,84}{11,84} = 18,84$
- $d/L_o = \frac{16}{218,84} = 0,0731$

Nilai d/L_o ini digunakan untuk mencari nilai d/L ; $\tanh (2\pi d)/L$; K_s pada Tabel L-1 yang terdapat pada *Shore Protection Manual*.

- $L = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$
 $= \frac{9,81 \cdot 11,84^2}{2 \cdot \pi} \cdot 0,6263$
 $= 137,18$
- $C = L/T$
 $= \frac{137,18}{11,84}$
 $= 11,58$
- $\frac{C}{C_o} \sin \alpha_o = \frac{11,58}{18,48} \cdot 0,02 = 0,01$
 $\alpha_1 = 0,63$

- $K_r = \left(\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha} \right)^{0,5}$
 $= 1,000$
- $K_s = 0,946$
- $H = K_r \cdot K_s \cdot H$
 $= 1,000 \cdot 0,946 \cdot 5,48$
 $= 5,18 \text{ m}$
- $Y = H/d$
 $= \frac{5,48}{16} = 0,34$

(Karena nilai $Y > 0,7$ maka Gelombang pada kedalaman -16 m belum pecah)

Perhitungan diatas dilakukan sampai kedalaman perencanaan breakwater.

5.3 Umur Rencana

Umur rencana bangunan pengamanan pantai ini yaitu 50 tahun. Umur rencana tersebut dimaksudkan untuk mengetahui tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi selama umur periode rencana bangunan.

Dari Bab III diperoleh tinggi, dan periode yang mungkin terjadi pada periode 50 tahun. Tinggi gelombang dari laut dalam tersebut kemudian di refraksi sampai kedalaman di ujung depan struktur breakwater. Tinggi gelombang dari hasil perhitungan refraksi selanjutnya digunakan untuk penentuan berat material dan dimensi bangunan sehingga bangunan yang direncanakan mampu menahan gelombang maksimum yang mungkin terjadi selama periode umur rencana bangunan.

5.3 Elevasi Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana dihitung dengan rumus:

$$DWL = HHWL + S_w + SLR$$

Keterangan:

DWL = Elevasi muka air rencana (m)

HHWL = Muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama/bulan mati (*Highest High Water Level*) (m)

S_w = *Wave set-up* (m)

SLR = Kenaikan elevasi muka air laut karena Pemanasan global (*Sea Level Rise*) (m)

- *Wave Set-Up*

Perhitungan *Wave set-up* sebagai berikut:

$$H_b = 3,18 \text{ m}$$

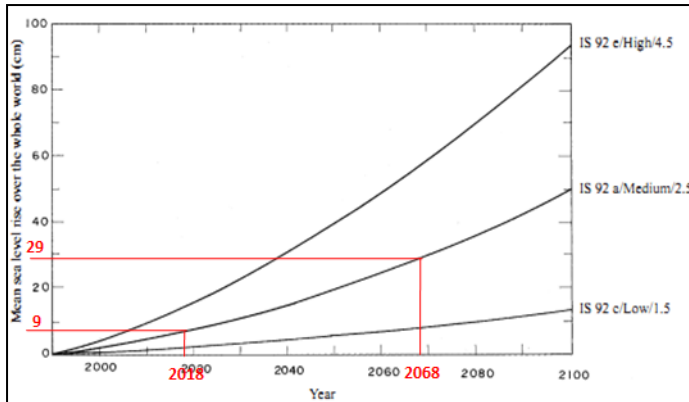
$$T = 11,84 \text{ s}$$

Maka besar *wave set-up*:

$$\begin{aligned} S_w &= 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{g \cdot T^2}} \right] H_b \\ &= 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{3,18}{9,81 \cdot 11,84^2}} \right] 3,18 \\ &= 0,52 \end{aligned}$$

- *Sea Level Rise (SLR)*

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut.



Gambar 5. 2 Grafik Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut
(Sumber : OCDI / Chapter VI)

Dari Gambar 5. 2 didapatkan kenaikan muka air laut yang terjadi tahun 2018 dengan perkiraan terbaik adalah 9 cm = 0,09 m dan pada tahun 2068 (direncanakan umur bangunan 50 tahun) adalah 29 cm = 0,29 m. Sehingga nilai SLR yang didapat yaitu ;

$$\begin{aligned} \text{SLR} &= \text{SLR 2065} - \text{SLR 2015} \\ &= 0,29 \text{ m} - 0,09 \text{ m} \\ &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga nilai DWL yang didapat yaitu ;
 $\text{DWL} = 1,317 + 0,66 + 0,2 = 2,18 \text{ m}$

5.4 Elevasi Puncak

Perencanaan elevasi puncak breakwater diperbolehkan terjadi limpasan (*overtopping*). Hal ini melihat kondisi pelabuhan serta fungsi dari breakwater itu sendiri.

Selain itu, breakwater yang direncanakan akan mengalami penurunan tanah (*settlement*) dan diasumsikan sebesar 0,5 meter sehingga elevasi permukaan breakwater merupakan penjumlahan nilai dari beda pasang surut, run up dan asumsi settlement yang terjadi.

Contoh perhitungan pada ujung breakwater pada dalaman - 11 mLWS.

$$\begin{aligned}\text{Elv permukaan} &= \text{HHWL} + H_{\text{transmisi}} + \text{Settlement} \\ &= 1,96 \text{ m} + (0,5 \times 4,10) \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ &= 3,87 \text{ m}\end{aligned}$$

5.5 Perhitungan Berat Material

Perhitungan berat lapis lindung dalam tugas akhir ini menggunakan antara Rumus Van Der Meer dan Hudson. Jenis material yang akan diperhitungan diantaranya: Tetrapod dan Batu pecah. Dari perhitungan dua rumus tersebut akan ditentukan jenis dan ukuran material yang digunakan.

5.5.1 Segmen Breakwater

Dalam perhitungan berat material, breakwater dibagi menjadi beberapa segmen yaitu breakwater head front side, breakwater head back side dan breakwater trunk.

Berikut ini adalah tinggi gelombang dari hasil refraksi untuk perhitungan material breakwater sesuai dengan segmennya yang dapat dilihat pada Tabel 5. 2.

Tabel 5. 2 Tinggi gelombang rencana untuk setiap segmen breakwater

Lokasi	H gelombang (m)
Head Front Side	4.10
Head Back Side	3.54
Trunk	2.87

(Sumber: Hasil perhitungan refraksi)

5.5.2 Rumus Van Der Meer

Rumus Van Der Meer dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu:

1. Gelombang Pecah (Plunging Wave)
2. Gelombang Tak Pecah (Surging Wave)

Perhitungan material timbunan breakwater membandingkan antara batu pecah dengan $G_b = 2650 \text{ kg/m}^3$ dan $G_b = 2500 \text{ kg/m}^3$, tetrapod dengan $G_b 2400 \text{ kg/m}^3$. Dengan data sebagai berikut:

$$H_o = 4,10 \quad \text{m (Setelah Refraksi)}$$

$$L_o = 116,72$$

$$\alpha = 26,565^\circ \quad (\text{Kemiringan struktur } 1:2)$$

Dikarenakan pada kedalaman -11 m gelombang belum pecah maka untuk perhitungan selanjutnya menggunakan *Plunging Wave* Lihat Tabel 5. 1

5.5.2.1 Berat Batu Pecah

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = 1,0 P^{-0.13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^p$$

Dimana:

$$H_{2\%} = 1,4H$$

$$\Delta = 1,573$$

$$N = 1000$$

$$N_s = \frac{4,10 \times 1,4}{\Delta D_{n50}} = 1,0 \times 0,4^{-0.13} \left(\frac{8}{\sqrt{1000}} \right)^{0.2} \cdot 3,38$$

$$D_{n50} = 1,79 \text{ m}$$

- a. Batu pecah dengan $G_b (\gamma_r) 2650 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned} W_{Dn50} &= D_{n50}^3 \cdot \gamma_r \\ &= 1,79^3 \cdot 2,65 \\ &= 15,21 \text{ ton} \end{aligned}$$

- b. Batu pecah dengan $G_b (\gamma_r) 2500 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned} W_{Dn50} &= D_{n50}^3 \cdot \gamma_r \\ &= 1,79^3 \cdot 2,50 \end{aligned}$$

$$= 14,35 \text{ ton}$$

- c. Tetrapod Gb (γ_r) 2400 kg/m³

$$\begin{aligned} W_{Dn50} &= D_{n50}^3 \gamma_r \\ &= 1,79^3 \cdot 2,40 \\ &= 13,78 \text{ ton} \end{aligned}$$

5.5.2.2 Primary Layer

Dalam contoh perhitungan ini menggunakan berat jenis batu alam 2500 kg/m³ di segmen breakwater head front.

- Berat batu

$$W = 14,4 \text{ ton}$$

- Dimensi batu

$$\begin{aligned} D &= \frac{W^{1/3}}{\gamma_r} \\ D &= \frac{14,4^{1/3}}{2,50} \\ D &= 1,79 \text{ m} \end{aligned}$$

- Lebar Puncak Bangunan

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$\begin{aligned} B &= n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}} \\ B &= 4 \times 1,0 \times 1,79 \\ B &= 7,16 \text{ m} \approx 7,2 \text{ m} \end{aligned}$$

- Tebal Lapisan

Tebal lapisan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$t = 3 \times 1,0 \times 1,79$$

$$t = 5,37 \text{ m} \approx 5,40 \text{ m}$$

- Jumlah batu pecah
Jumlah butir batu dapat dihitung dengan rumus :

$$N = A n K_{\Delta} \left(1 - \frac{p}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$N = 10 \times 3 \times 1 \times \left(1 - \frac{37}{100} \right) \times 3,20$$

$$N = 60,59 \approx 61$$

5.5.2.3 Secondary Layer

Dalam contoh perhitungan ini menggunakan berat jenis batu alam 2500 kg/m³.

- Berat batu

$$W = \frac{14,4}{10}$$

$$= 1.44 \text{ ton}$$
- Dimensi batu

$$D = \frac{w^{1/3}}{\gamma_r}$$

$$D = \frac{1,44^{1/3}}{2,50}$$

$$D = 0.83 \text{ m}$$
- Lebar Puncak Bangunan
 Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$B = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$B = 4 \times 1,0 \times 0,83$$

$$B = 3,32 \text{ m} \approx 3,4 \text{ m}$$

- Tebal Lapisan
Tebal lapisan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$t = 3 \times 1,0 \times 0,83$$

$$t = 2,49 \text{ m} \approx 2,50 \text{ m}$$

- Jumlah batu pecah
Jumlah butir batu dapat dihitung dengan rumus :

$$N = A n K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$N = 10 \times 3 \times 1 \times \left(1 - \frac{37}{100} \right) \times 0,7$$

$$N = 13,05 \approx 14$$

5.5.2.4 Core Layer

Dalam contoh perhitungan ini menggunakan berat jenis batu alam 2500 kg/m³.

- Berat batu

$$W = \frac{14,4}{200}$$

$$= 0,072 \text{ ton}$$

- Dimensi batu

$$D = \frac{w^{1/3}}{\gamma_r}$$

$$D = \frac{0,072^{1/3}}{2,50}$$

$$D = 0,31 \text{ m}$$

- Lebar Puncak Bangunan

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$B = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$B = 4 \times 1,0 \times 0,8$$

$$B = 3,32 \text{ m} \approx 3,5 \text{ m}$$

- Tebal Lapisan

Tebal lapisan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$t = 3 \times 1,0 \times 0,8$$

$$t = 2,49 \text{ m} \approx 2.5 \text{ m}$$

- Jumlah butir batu

Jumlah butir batu dapat dihitung dengan rumus :

$$N = A n K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$N = 10 \times 3 \times 1 \times \left(1 - \frac{37}{100} \right) \times 0,1$$

$$N = 1,63 \approx 2$$

5.5.2.5 Berm

Dalam contoh perhitungan ini menggunakan berat jenis batu alam 2500 kg/m³.

- Berat batu

$$W = \frac{14,4}{10}$$

$$= 1,44 \text{ ton}$$

- Dimensi batu

$$D = \frac{w^{1/3}}{\gamma_r}$$

$$D = \frac{1,44^{1/3}}{2,50}$$

$$D = 0,83 \text{ m}$$

- Lebar Puncak Bangunan

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$B = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$B = 4 \times 1,0 \times 0,83$$

$$B = 3,32 \text{ m} \approx 3,4 \text{ m}$$

- Tebal Lapisan

Tebal lapisan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$t = 3 \times 1,0 \times 0,83$$

$$t = 2,49 \text{ m} \approx 2,50 \text{ m}$$

- Jumlah batu pecah

Jumlah butir batu dapat dihitung dengan rumus :

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{\frac{2}{5}}$$

$$N = 10 \times 3 \times 1 \times \left(1 - \frac{37}{100} \right) \times 0,7 \cdot N = 13,05 \approx 14$$

5.5.2.6 Rekapitulasi Perhitungan Van Der Meer

Berikut ini adalah hasil perhitungan berat butir material menggunakan rumus Van Der Meer dapat dilihat pada Tabel 5. 3, Tabel 5. 4, Tabel 5. 5, sedangkan untuk grafik hubungan antara berat butir dan tinggi gelombang dapat dilihat pada Gambar 5. 3, Gambar 5. 4, dan Gambar 5. 5.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi hasil perhitungan material Tetrapod

Tetrapod								
Segmen	Armor Type	n	$K\Delta$	W (ton)	Y_r (ton/m ³)	B (m)	t (m)	N
Front Side	Primary Layer	2	1.04	13.78	2.40	4	4	51
	Secondary	2	1.04	1.38	2.40	3	3	11
	Core Layer	2	1.04	0.07	2.40	1	1	2
	BERM	2	1.04	1.38	2.40	3	3	11
Back Side	Primary Layer	2	1.04	4.91	2.40	3	3	17
	Secondary	2	1.04	0.49	2.40	2	2	4
	Core Layer	2	1.04	0.02	2.40	1	1	1
	BERM	2	1.04	0.49	2.40	2	2	4
Trunk	Primary Layer	2	1.04	2.73	2.40	3	3	12
	Secondary	2	1.04	0.27	2.40	2	2	3
	Core Layer	2	1.04	0.01	2.40	1	1	1
	BERM	2	1.04	0.27	2.40	2	2	3

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)

Tabel 5. 4 Rekapitulasi hasil perhitungan material
Quarystone 2.65

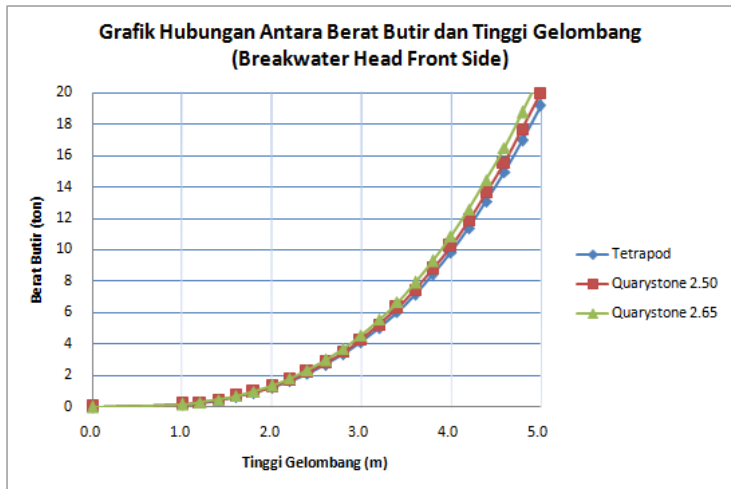
Quarystone 2.65								
Segmen	Armor Type	n	K Δ	W (ton)	Yr (ton/m ³)	B (m)	t (m)	N
Front Side	Primary Layer	4	1.00	15.21	2.65	8	5	61
	Secondary	4	1.00	1.52	2.65	3	3	14
	Core Layer	4	1.00	0.08	2.65	2	1	2
	BERM	4	1.00	1.52	2.65	3	3	18
Back Side	Primary Layer	4	1.00	5.42	2.65	6	4	31
	Secondary	4	1.00	0.54	2.65	3	3	7
	Core Layer	4	1.00	0.05	2.65	2	1	2
	BERM	4	1.00	0.54	2.65	3	3	9
Trunk	Primary Layer	4	1.00	3.01	2.65	5	4	21
	Secondary	4	1.00	0.30	2.65	2	2	5
	Core Layer	4	1.00	0.02	2.65	1	1	1
	BERM	4	1.00	0.30	2.65	2	2	6

(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)

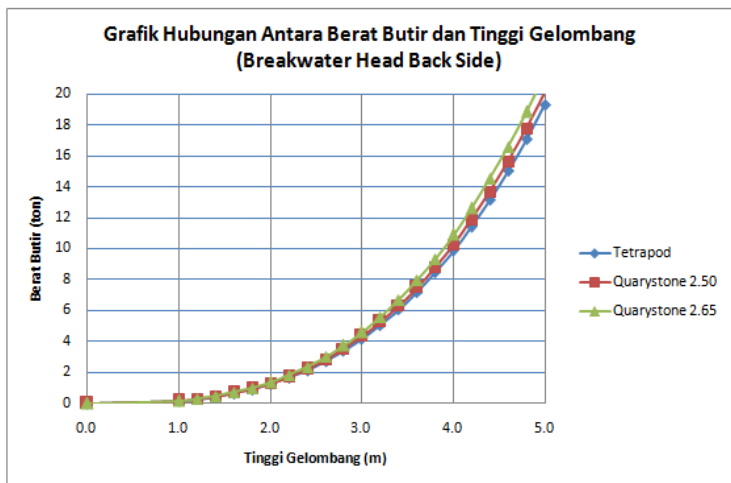
Tabel 5. 5 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone
2.50

Quarystone 2.5								
Segmen	Armor Type	n	K Δ	W (ton)	Yr (ton/m ³)	B (m)	t (m)	N
Front Side	Primary Layer	4	1.00	14.35	2.50	8	5	61
	Secondary	4	1.00	1.44	2.50	2	3	14
	Core Layer	4	1.00	0.07	2.50	4	3	2
	BERM	4	1.00	1.44	2.50	4	3	18
Back Side	Primary Layer	4	1.00	5.11	2.50	6	4	24
	Secondary	4	1.00	0.51	2.50	2	2	12
	Core Layer	4	1.00	0.03	2.50	1	1	5
	BERM	4	1.00	0.51	2.50	3	2	15
Trunk	Primary Layer	4	1.00	2.84	2.50	5	4	20
	Secondary	4	1.00	0.28	2.50	2	2	10
	Core Layer	4	1.00	0.01	2.50	1	1	4
	BERM	4	1.00	0.28	2.50	2	2	13

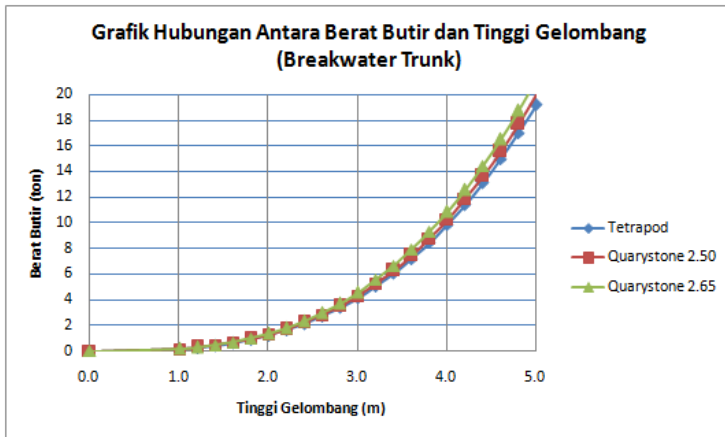
(Sumber: Hasil perhitungan tugas akhir)



Gambar 5. 3 Grafik hubungan berat butir dan tinggi gelombang pada head front side dengan rumus van der meer



Gambar 5. 4 Grafik hubungan berat butir dan tinggi gelombang pada head back side dengan rumus van der meer



Gambar 5. 5 Grafik hubungan berat butir dan tinggi gelombang pada trunk dengan rumus van der meer

5.5.3 Rumus Hudson

Dalam perhitungan berat material menggunakan Rumus Hudson, berat butir dihitung berdasarkan jenis material yang digunakan karena setiap jenis material memiliki nilai K_D yang berbeda.

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \theta}$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan menggunakan rumus Hudson :

5.5.3.1 Berat Lapis Lindung Batu Pecah

- *Breakwater Head*

Diketahui:

$$\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_r = 2.50 \text{ t/m}^3$$

$$H = 4.30 \text{ m (Hasil refraksi)}$$

$$\theta = 26.565^\circ \text{ (Kemiringan struktur kepala 1:2)}$$

$$K_D = 1.6$$

Maka;

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,50}{1,03} = 2,43$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \theta} \\ &= \frac{2,50 \cdot 4,10^3}{1,6 \cdot (2,43 - 1)^3 \cdot \cot 26,565^\circ} \\ &= 18,52 \text{ ton} \end{aligned}$$

- *Breakwater Trunk*

Diketahui:

$$\gamma_a = 1.03 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_r = 2.50 \text{ t/m}^3$$

$$H = 4.30 \text{ m (Hasil refraksi)}$$

$$\theta = 26.565^\circ \text{ (Kemiringan struktur kepala 1:2)}$$

$$K_D = 2$$

Maka;

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,50}{1,03} = 2,43$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \theta} \\ &= \frac{2,50 \cdot 4,30^3}{2 \cdot (2,43 - 1)^3 \cdot \cot 26,565^\circ} \\ &= 14,82 \text{ ton} \end{aligned}$$

5.5.3.2 Rekapitulasi Perhitungan Hudson

Berikut ini adalah hasil perhitungan berat butir material menggunakan rumus Hudson dapat dilihat pada Tabel 5. 3Tabel 5. 6, Tabel 5. 7, Tabel 5. 8, sedangkan untuk grafik hubungan

antara berat butir dan tinggi gelombang dapat dilihat pada Gambar 5. 6 dan Gambar 5. 7.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi hasil perhitungan material Tetrapod

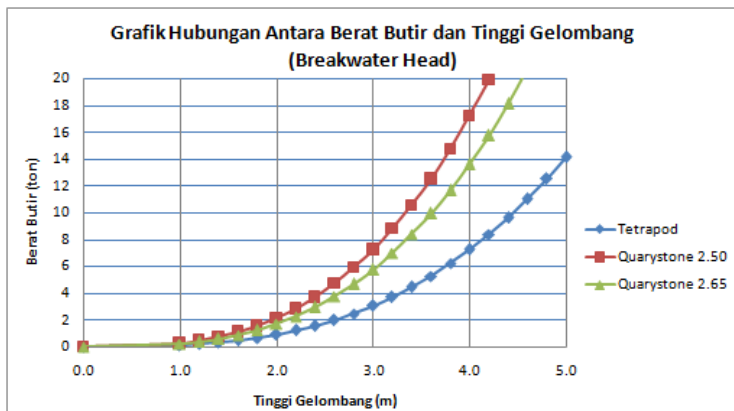
Tetrapod					
Bagian	d	Primary Layer	Secondary Layer	Core Layer	Berm
Breakwater	(mWLs)	W (ton)	W/10 (ton)	W/200 (ton)	W/10 (ton)
Head	-11	7.81	0.78	0.04	0.78
Trunk	-7	5.02	0.50	0.03	0.50

Tabel 5. 8 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone
2.65

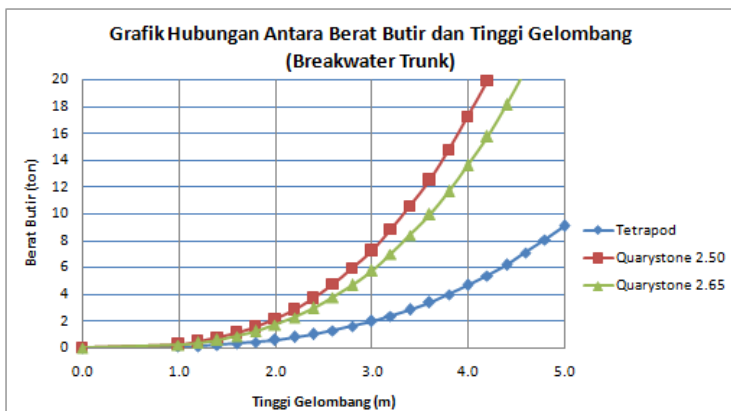
Quarystone 2.65					
Bagian	d	Primary Layer	Secondary Layer	Core Layer	Berm
Breakwater	(mWLs)	W (ton)	W/10 (ton)	W/200 (ton)	W/10 (ton)
Head	-11	14.67	1.47	0.07	1.47
Trunk	-7	14.67	1.47	0.07	1.47

Tabel 5. 7 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone
2.50

Quarystone 2.50					
Bagian	d	Primary Layer	Secondary Layer	Core Layer	Berm
Breakwater	(mWLs)	W (ton)	W/10 (ton)	W/200 (ton)	W/10 (ton)
Head	-11	18.52	1.85	0.09	1.85
Trunk	-7	14.82	1.48	0.07	1.48



Gambar 5. 6 Grafik hubungan berat butir dan tinggi gelombang pada breakwater head dengan rumus hudson



Gambar 5. 7 Grafik hubungan berat butir dan tinggi gelombang pada breakwater trunk dengan rumus hudson

5.5.4 Hasil Perhitungan Berat dan Jenis Material

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus Van Der Meer dan Hudson, jenis material yang digunakan sebagai material pengisi breakwater dipilih berdasarkan hasil yang efektif, efisien, mudah untuk didapatkan dan mampu melindungi bangunan yang ada dibelakang breakwater. Berikut adalah hasil perhitungan berat dan jenis material yang akan digunakan untuk breakwater, Lihat Tabel 5. 9.

Tabel 5. 9 Berat dan jenis material breakwater

Ukuran dan Jenis Material Breakwater						
Segmen	Armor Type	W (ton)	Y (ton/m ³)	B (m)	t (m)	Material
Front Side	Primary Layer	7.81	2.40	7.0	3.0	Tetrapod
	Secondary	1.44	2.50	3.5	1.7	Quarystone
	Core Layer	0.07	2.50	3.4	1.7	Quarystone
	BERM	1.44	2.50	3.5	1.7	Quarystone
Back Side	Primary Layer	4.91	2.40	5.1	2.5	Tetrapod
	Secondary	0.51	2.50	2.4	2.4	Quarystone
	Core Layer	0.03	2.50	3.4	0.9	Quarystone
	BERM	0.51	2.50	2.4	2.4	Quarystone
Trunk	Primary Layer	2.73	2.40	4.2	2.5	Tetrapod
	Secondary	0.28	2.50	3.5	1.9	Quarystone
	Core Layer	0.01	2.50	3.0	1.0	Quarystone

Pada lapisan pelindung pertama atau primary layer menggunakan material tetrapod. Berikut adalah beberapa pertimbangan yang mendukung penggunaan tetrapod sebagai primary layer:

1. Bentuknya dirancang untuk menyerap energy gelombang dengan cara mengalirkan gelombang laut disela-sela tetrapod. Yang mengakibatkan energy gelombang dapat berkurang dan tidak mengganggu struktur bangunan yang ada pada daerah terlindung.
2. Penempatan tetrapod yang disebar acak mengurangi kemungkinan struktur amblas karena bentuk tetrapod yang saling mengunci. Untuk bahan pelindung dengan menggunakan batuan besar lama kelamaan cenderung amblas dan terpisah-pisah akibat hantaman gelombang yang berkelanjutan.

3. Untuk material pelindung seperti tetrapod seringkali diberi penomoran sehingga setiap gejala kegagalan yang timbul dapat dimonitori melalui foto satelit.

Untuk mengetahui berat butir lapis lindung tetrapod didapatkan dengan cara mengkonversi berat butir batu pecah ke berat beton. Dimensi tetrapod berdasarkan ketentuan pada tabel *Shore Protection Manual* 1984.

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{W}{\gamma} \\
 &= \frac{7,81 \text{ t}}{2,4 \text{ t/m}^3} \\
 &= 3,25 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

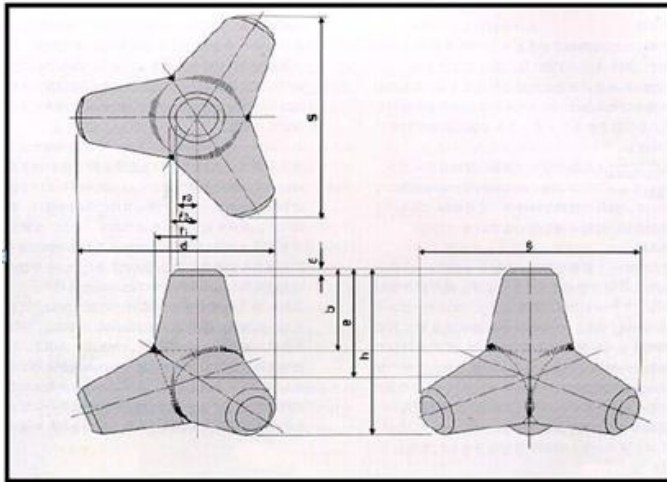
Berdasarkan ketentuan di SPM 1984. Vol II. Hal 7-218.

$$V = 0,28 \cdot h^3$$

Maka, didapatkan tinggi tetrapod yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned}
 3,25 &= 0,28 \cdot h^3 \\
 h &= 2,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 5. 10 dimensi tetrapod, dipilih tetrapod dengan tinggi $h = 2,3 \text{ m}$ yang mempunyai berat $W = 7,81 \text{ ton}$.



Gambar 5. 8 Dimensi Tetrapod

Tabel 5. 10 Dimensi tetrapod

Nominal Weight (ton)	Actual Weight *) (ton)	Volume (m ³)	Form Area (m ²)	h (mm)	d (mm)	S (mm)	r ₁ (mm)	r ₂ (mm)	r ₃ (mm)	b (mm)	c (mm)	e (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	0.46	0.2	2.18	900	965	1075	215	135	100	435	35	585
1.0	0.92	0.4	3.44	1130	1215	1350	270	170	125	545	45	740
2.0	1.84	0.8	5.42	1420	1525	1695	340	210	155	685	55	930
3.2	2.88	1.25	7.32	1650	1770	1970	395	245	180	800	65	1075
4.0	3.68	1.6	8.62	1790	1920	2140	425	265	195	865	70	1170
5.0	4.60	2.0	10.00	1930	2075	2305	460	285	210	935	75	1260
6.3	5.75	2.5	11.52	2070	2225	2470	495	310	225	1010	80	1360
8.0	7.36	3.2	13.74	2260	2430	2700	540	335	245	1095	90	1475
10.0	9.20	4.0	15.88	2430	2610	2905	580	360	265	1175	95	1590
12.5	11.50	5.0	18.46	2620	2815	3130	625	390	285	1270	105	1710
16.0	14.49	6.3	21.54	2830	3040	3380	675	420	310	1370	110	1850
20.0	18.40	8.0	25.19	3060	3290	3655	730	455	335	1485	120	2000
25.0	23.00	10.0	29.29	3300	3545	3945	785	490	360	1600	130	2155
32.0	28.75	12.5	33.90	3550	3815	4240	845	530	390	1720	140	2320
40.0	36.80	16.0	40.08	3860	4150	4610	920	575	420	1870	155	2520
50.0	46.00	20.0	46.44	4155	4465	4965	990	620	455	2015	165	2715
64.0	58.88	25.6	54.59	4505	4845	5385	1075	675	495	2185	180	2950
80.0	80.50	35.0	67.25	5000	5375	5975	1200	745	545	2420	200	3270

(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

Keterangan : Kotak merah untuk dimensi primary layer pada breakwater head front side, kotak biru untuk dimensi breakwater head back side dan kotak kuning trunk.

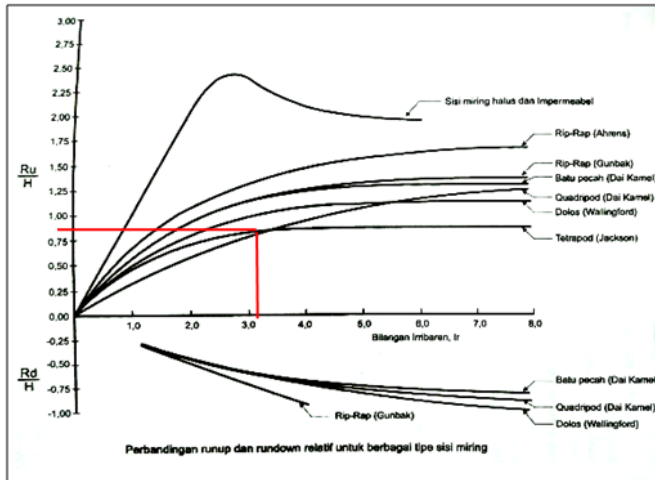
Setelah menetapkan ukuran dan jenis material yang akan digunakan untuk konstruksi breakwater, perlu dilakukan pengecekan terhadap elevasi puncak dari breakwater terhadap perencanaan overtopping. Elevasi puncak breakwater direncanakan pada elevasi +4.50 LWS dengan memperhitungkan muka air tertinggi dan run up gelombang. Run up dihitung berdasarkan bilangan iribaren (I_r) dengan menggunakan slope rencana 1 : 2 dan tinggi gelombang sebesar 4,30 m, dimana bilangan Iribaren dapat dihitung sebagai berikut :

$$I_r = \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} L_0 &= 1,56T^2 \\ &= 1,56 \cdot 11,48^2 \\ &= 218,68 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_r &= \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}} \\ &= \frac{tg 26,565^\circ}{\left(\frac{4,10}{218,68}\right)^{0.5}} \\ &= 3,651 \end{aligned}$$



Gambar 5. 9 Grafik penentuan nilai Ru/H untuk material tetrapod pada breakwater head

Sumber : Shore Protection Manual, 1984

Dari grafik pada Gambar 5. 9, nilai $I_r = 3,65$ didapat nilai $Ru/H = 0,875$ m. Sehingga nilai $Ru = 3,59$ m, maka untuk material tetrapod kondisi breakwater adalah sebagai berikut :

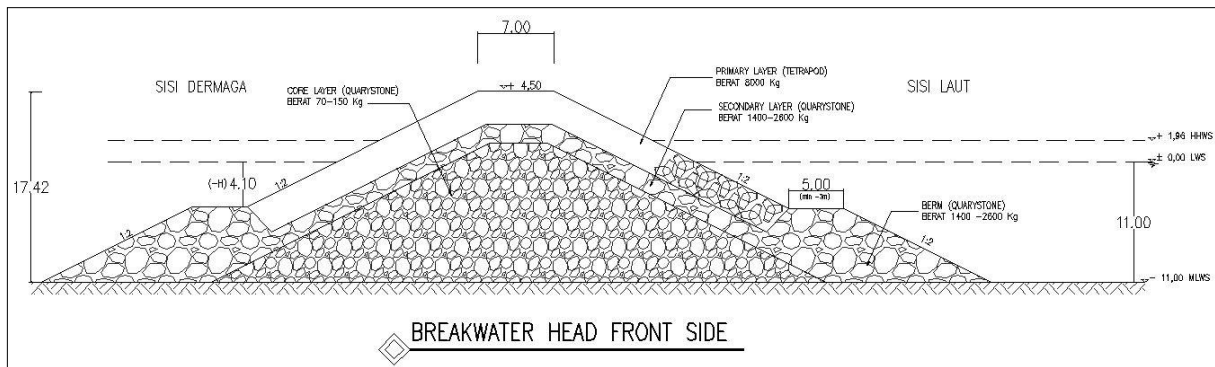
$$\text{Elevasi} = \text{HHWL} + Ru$$

$$= 1,96 \text{ mLWS} + 3,59 = 5,55 > +4,50 \text{ mLWS}$$

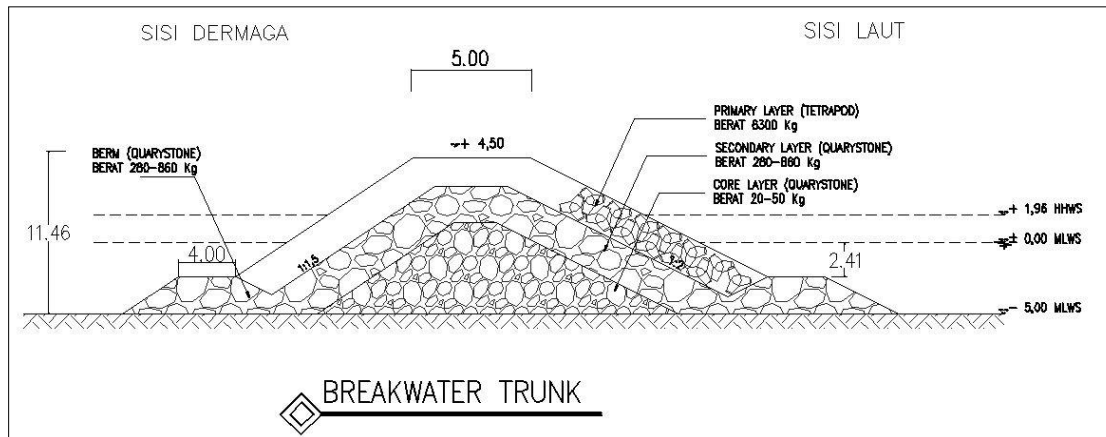
Jadi, perencanaan sesuai yaitu lebar puncak breakwater mengalami overtopping. Berikut ini pengecekan kondisi lebar puncak breakwater pada setiap segmen, Lihat Tabel 5. 11.

Tabel 5. 11 Pengecekan kondisi lebar puncak breakwater pada setiap segmen

Segmen Breakwater	Tinggi Gelombang (m)	HHWL (mLWs)	Ru (m)	Elevasi Run Up	Elevasi Rencana	Keterangan
Head Front Side	4.10	1.96	3.59	5.55	4.51	Overtopping
Head Back Side	3.54	1.96	3.10	5.06	5.12	Overtopping
Trunk	2.87	1.96	2.51	4.47	4.61	Overtopping



Gambar 5. 10 Potongan melintang breakwater head front side



Gambar 7. 1 Potongan melintang breakwater trunk

BAB VI

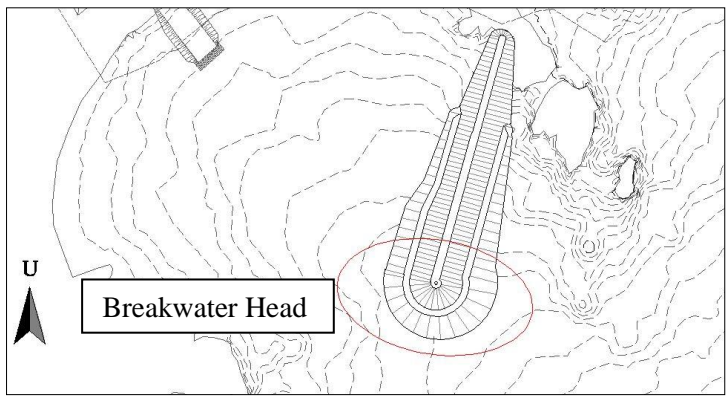
STABILITAS BREAKWATER

6.1 Umum

Suatu bangunan dengan berat massa yang sangat besar memiliki kemungkinan yang sangat tinggi pula terhadap ketidakstabilan suatu bangunan baik dari fisik bangunan itu sendiri, maupun dari tanah pendukung bangunan itu. Pemecah gelombang type rubble mound yang berbentuk trapesium dengan dimensi yang cukup besar akan berpengaruh terhadap kestabilan tanah dasar dan fisik breakwater itu sendiri maka breakwater yang direncanakan perlu dilakukan kontrol kestabilan terhadap penurunan tanah (settlement), puncture failure dan kelongsoran (sliding). Dalam perhitungan stabilitas breakwater segmen yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6. 1

6.2 Analisis Data Tanah dan Geometrik Breakwater

Sebelum melakukan perhitungan stabilitas maka perlu diketahui parameter tanah di bawah breakwater dan breakwater itu sendiri. Parameter serta geometric breakwater yang dimasukkan adalah breakwater bagian ujung (head breakwater) yang berada pada elevasi -11 mLWS karena head breakwater merupakan bagian breakwater yang memiliki stabilitas paling kritis.



Gambar 6. 1 Posisi segmen breakwater yang digunakan dalam perhitungan stabilitas
Sumber : Hasil perencanaan

Pada Tabel 6. 1 ini merupakan data dari material breakwater:

Tabel 6. 1 Data Material Breakwater

Y	25	KN/m ³
E	200000	KN/m ²
v	0.35	
C	0	
Ø	50	°
Lebar (B)	7	m
Tebal (h)	17	m

Sumber : Study kelayakan proyek breakwater di Teluk Candrian,
Banyuwangi

Untuk data lapisan tanah dibawah breakwater, parameter tanah yang digunakan didapat dari korelasi karena data yang didapat hanya berupa data N_{SPT} dan jenis tanah. Pada Tabel 6. 2 merupakan parameter tanah dari data borehole 3:

Tabel 6. 2 Borehole 3

BORHOLE LOG						HOLE NO. : BH-3	page: 1 of 1							
DRILLING : CORING		PROJECT : CANDRIAN BAY - Proyek Bukit Tujoh				ELEV : -7.2m	DRILLER : Smaedi							
RIG : Longyear		LOCATION : Candrian, Pasanggrahan, Banyuwangi, East Java				E : 175483 m E	LOGGED BY : Yucin							
DEPTH : 10.05m		SITE : Nearshore				N : 9043901 m S	GWL : -							
DATE	DEPTH (M)	LITHOLOGIE SYMBOL	CLASSIFICATION	SAMPLER SYMBOL	DESCRIPTION	CORE RECOVERY (%)	CASING	ROD (%)	STANDARD PENETRATION TEST					N-VALUE
									NUMBER OF BLOWS		GRAPH			
									N ₁	N ₂	N ₃	N ₄		
24-27 April 2015					Corals, gray - blue	100								
			ML		Sandy SILT, dark brown	100								
	1		CH		Silty CLAY, dark brown - gray	100								
	2		CW		Well graded GRAVEL with some boulders, gray	100			8	10	14			24
	3			[X]	Silty CLAY, yellowish brown - gray	100								
	4		CH			100			10	14	14		38	
	5			[X]		45								
	6			[X]	Diorite, greenish grey, hard solid, minor fractured, fresh, un oxidized	65			50/10cm					>50
	7			[X]		100								
	8			[X]		95			50/6cm					>50
	9			[X]		90								
	10			[X]		100			50/5 cm					>50
END OF HOLE : 10.05 m from GL														

Sumber : Data sekunder tugas akhir

Untuk lebih mudah melihat hasil borehole 3 maka dibuat Tabel 6. 3 sebagai berikut:

Tabel 6. 3 Jenis Tanah pada Borehole 3

No.	Kedalaman (m)		N-SPT	Deskripsi Lapisan
1	0	-2	24	Sandy silt, well graded gravel
2	-2	-4	50	Silty clay, yellowish brown, gray
3	-4	-5	50	
4	-6	-7	50	
5	-8	-9	50	Diorite, greenish grey, hard solid, minor fractured, fresh, unoxidized

Sumber : Data sekunder tugas akhir

Agar dapat menganalisa stabilitas dari bangunan breakwater maka diperlukan beberapa parameter seperti γ_{sat} , γ_{unsat} , ϕ , E_{rs} , C_{ref} , ν . Untuk mendapatkan parameter γ_{sat} , ϕ , dapat dilihat Tabel 6. 4 dari J.E Bowles sebagai berikut :

Tabel 6. 4 Korelasi tanah dari nilai SPT

SPT dan korelasinya (J. E. Bowles, 1984)					
<i>Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent</i>					
N (blows)	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
γ (KN/m ³)	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
ϕ (°)	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
State	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
<i>Cohesive Soil/Sol Cohérent</i>					
N (blows)	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
γ (KN/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
q_u (kPa)	< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
Consistency	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

dengan Dr (relative density) = $\frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100$

e = angka pori (void ratio)

Sumber : Korelasi SPT J.E. Bowles, 1984

Untuk mendapatkan nilai dari γ_{unsat} digunakan Tabel 6. 5 berikut,
dimana nilai dari γ_{unsat} merupakan nilai antara γ_d dan γ_{unsat} .

Tabel 6. 5 Parameter tanah dari Biarez & Favre

Sifat tanah		γ_s	e	n	W_{sat}	γ_{sat}	K			C_u		σ		$m_v - 1/E$	
		g/cm ³	lb/cb ft		%	g/cm ³	cm/s	ft/year	lugen	cm ² /s	ft ² /year	bars	psi	cm ² /kg	ft ² /ton
Silt, Clay	lunak	0,5	31,25	4,40	0,80	163,0	10 ⁻⁶	1,03 x 10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵		0,01	0,142	100	97,6
		0,6	37,50	3,50	0,78	129,60						0,05	0,71	20	19,5
		0,7	43,75	2,86	0,74	105,8	10 ⁻⁶	1,03 x 10 ⁻²	10 ⁻³	1 x 10 ⁻⁴	3,4				
		0,8	50,00	2,38	0,70	88,0				2 x 10 ⁻⁴	6,8	0,1	1,42	10	9,76
		0,9	56,25	2,00	0,67	74,1	10 ⁻⁷	1,03 x 10 ⁻¹	10 ⁻²	3 x 10 ⁻⁴	10,1	0,5	7,05	2	1,95
	rata-rata									4 x 10 ⁻⁴	11,1	1	14,2	1	0,976
		1,0	62,50	1,70	0,63	63,0	1 x 10 ⁻⁶	1,03	10 ⁻¹	5 x 10 ⁻⁴	16,9	2	28,4	0,5	0,488
		1,1	68,75	1,45	0,59	53,9	2 x 10 ⁻⁶	2,06		6 x 10 ⁻⁴	20,3	3	42,6	0,33	0,325
		1,2	75,00	1,25	0,56	46,3	3 x 10 ⁻⁶	3,10		7 x 10 ⁻⁴	23,6	4	56,9	0,25	0,244
		1,3	81,25	1,08	0,52	39,9	4 x 10 ⁻⁶	4,13		8 x 10 ⁻⁴	27,0	5	71,0	0,20	0,195
Gravel, Sand	sangat lunak	1,4	87,50	0,93	0,48	34,4	5 x 10 ⁻⁶	5,17		9 x 10 ⁻⁴	30,4	6	85,3	0,17	0,163
		1,5	93,75	0,80	0,44	29,6	6 x 10 ⁻⁶	6,20		10 ⁻³	33,8 x 10 ¹	7	99,5	0,14	0,144
		1,6	100,00	0,69	0,41	25,5	7 x 10 ⁻⁶	7,24				8	113	0,12	0,122
		1,7	106,25	0,59	0,37	21,8	8 x 10 ⁻⁶	8,26				9	127	0,11	0,111
		1,8	112,50	0,50	0,33	18,5	9 x 10 ⁻⁶	9,30		10 ⁻²	33,8 x 10 ²	10	142	0,10	0,0976
	sangat keras	1,9	118,75	0,42	0,30	15,6	10 ⁻⁵	10,33	1			11	156	0,091	0,0887
							10 ⁻⁴	1,03 x 10 ²	10	10 ⁻¹	33,8 x 10 ³	12	170	0,083	0,0815
		2,0	125,00	0,35	0,26	13,0	10 ⁻³	1,03 x 10 ³	100			13	185	0,077	0,075
		2,1	131,25	0,29	0,22	10,6	10 ⁻²	1,03 x 10 ⁴	1000			14	199	0,073	0,07
		2,2	137,50	0,23	0,19	8,4	10 ⁻¹	1,03 x 10 ⁵	10000			15	213	0,064	0,065
	keras	2,3	143,75	0,17	0,15	6,4						20	284	0,050	0,0488
		2,4	150,00	0,13	0,11	4,63						50	710	0,020	0,0195
		2,5	156,25	0,080	0,074	2,96						100	1420	0,010	9,76 x 10 ⁻³
		2,6	162,50	0,038	0,037	1,42						500	7100	0,002	1,95 x 10 ⁻³
		2,7	168,75	0,000	0,000	0,00						1000	14200	0,001	9,76 x 10 ⁻⁴

Catatan : 100 kPa = 100 kN/m² = 1 bar = 1,02 kg/cm²

Untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas (E), maka dapat dilihat dari Tabel 6. 6 di bawah ini :

Tabel 6. 6 Parameter modulus elastisitas tanah (E)

Elastic parameters of various soils.			
Type	Strength of soil	Elastic modulus, E (MPa)	
		Short term	Long term
Gravel	Loose	25-50	
	Medium	50-100	
	Dense	100-200	
Medium to coarse sand	Very loose	<5	
	Loose	3-10	
	Medium dense	8-30	
	Dense	25-50	
	Very dense	40-100	
Fine sand	Loose	5-10	
	Medium	10-25	
	Dense	25-50	
Silt	Soft	<10	<8
	Stiff	10-20	8-15
	Hard	>20	>15
Clay	Very soft	<3	<2
	Soft	2-7	1-5
	Firm	5-12	4-8
	Stiff	10-25	7-20
	Very stiff	20-50	15-35
	Hard	40-80	30-60

Sumber: Handbook of Geotechnical Investigation

Untuk mendapatkan koefisien poisson (ν), maka dapat dilihat dari Tabel 6. 7 di bawah ini :

Tabel 6. 7 Koefisien poisson untuk pasir dan lempung

Beberapa harga E dan ν (DAS B.M)		
Jenis Tanah	Young Modulus	Koef. POISSON
pasir lepas	10350 – 27600 KN/m ²	0,2 – 0,4
pasir agak padat		0,25 – 0,4
pasir padat	34500 – 69000 KN/m ²	0,3 – 0,45
pasir berlanau		0,2 – 0,4
lempung lembek	1380 – 3450 KN/m ²	0,15 – 0,25
lempung agak kaku		0,2 – 0,5
lempung keras	5865 – 13800 KN/m ²	–

Sumber: Pondasi Dangkal Dr.Ir.Herman Wahyudi

Untuk mendapatkan kuat geser (C), maka dapat dilihat dari Tabel 6. 8 di bawah ini dengan mengalikan nilai $\frac{2}{3} C_u$:

Tabel 6. 8 Konsistensi tanah untuk jenis tanah lempung dan lanau

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q_c (dari Sondir)	
	kPa	ton/ m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000–2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	5 – 10	20– 40	2000 –4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.	10 – 20	40 –75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10. – 20.	20 – 40	75– 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.	> 40	> 150	> 15000

Sumber: Mochtar (revised 2012)

Setelah mengetahui jenis dari lapisan tanah, maka untuk parameter sudut geser (ϕ) dapat dilihat dari Tabel 6. 9 berikut :

Tabel 6. 9 Korelasi untuk mencari sudut geser

5.4 Clean sand strength from SPT data				
<ul style="list-style-type: none"> The values vary from corrected to uncorrected N values and type of sand. The SPT – value can be used to determine the degree of compactness of a cohesionless soil. However, it is the soil friction angle that is used as the strength parameter. 				
<i>Table 5.4 Strength from SPT on clean medium size sands only.</i>				
Description	Relative density D_r	SPT – N (blows/300 mm)		Strength
		Uncorrected field value	Corrected value	Friction angle
V. Loose	<15%	$N \leq 4$	$(N_o)_{60} \leq 3$	$\phi < 28^\circ$
Loose	15–35%	$N = 4-10$	$(N_o)_{60} = 3-8$	$\phi = 28-30^\circ$
Med dense	35–65%	$N = 10-30$	$(N_o)_{60} = 8-25$	$\phi = 30-40^\circ$
Dense	65–85%	$N = 30-50$	$(N_o)_{60} = 25-42$	$\phi = 40-45^\circ$
V. Dense	>85%	$N > 50$	$(N_o)_{60} > 42$	$\phi = 45^\circ-50^\circ$
	100%		$(N_o)_{60} = 60$	$\phi = 50^\circ$
<ul style="list-style-type: none"> Reduce ϕ by 5° for clayey sand. Increase ϕ by 5° for gravely sand. 				

Sumber: Handbook of Geotechnical Investigation

Pada Tabel 6. 11 dan Tabel 6. 10 merupakan hasil korelasi parameter tanah dari data Bore Log 2 dan 3 :

Tabel 6. 11 Data tanah dari bore log 2

Bore Log 2

No.	Kedalaman (m)		N-SPT	Deskripsi Lapisan	Klasifikasi	Ysat		Yunsat		E		v	C	Ø
						(KN/m ³)	(t/m ³)	(KN/m ³)	(t/m ³)	Mpa	KN/m ²			
1	0	-2	50	Silty sand, grayish brown	Cohesive	20	2	18	1.8	69	69000	0.2	0	25
2	-2	-4	50	Sand stone, silty sand, compacted, grayish brown	Cohesionless	23	2.3	21	2.1	69	69000	0.3	0	35
3	-4	-6	50			23	2.3	21	2.1	69	69000	0.3	0	35
4	-6	-8	50	Well graded gravel with some boulder, sand, blackish gray	Cohesionless	23	2.3	21	2.1	200	200000	0.35	0	40
5	-8	-10	50			23	2.3	21	2.1	200	200000	0.35	0	40
6	-10	-12	50			23	2.3	21	2.1	200	200000	0.35	0	40
7	-12	-14	50	Diorite, greenish gray, solid, minor fracture, fresh	Cohesionless	23	2.3	21	2.1	200	200000	0.35	0	40

Tabel 6. 10 Data tanah dari bore log 3

No.	Kedalaman (m)		N-SPT	Deskripsi Lapisan	Klasifikasi	Ysat		Yunsat		E		v	C	Ø
						(KN/m ³)	(t/m ³)	(KN/m ³)	(t/m ³)	Mpa	KN/m ²			
1	0	-2	24	Sandy silt, well graded gravel	Cohesionless	18	1.8	16	1.6	30	30000	0.3	100	25
2	-2	-4	50	Silty clay, yellowish brown, gray	Cohesive	20	2	18	1.8	16	16000	0.4	133	20
3	-4	-5	50			20	2	18	1.8	16	16000	0.4	133	20
4	-6	-7	50	Diorite, greenish grey, hard solid, minor fractured, fresh, unoxidized	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
5	-8	-9	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40

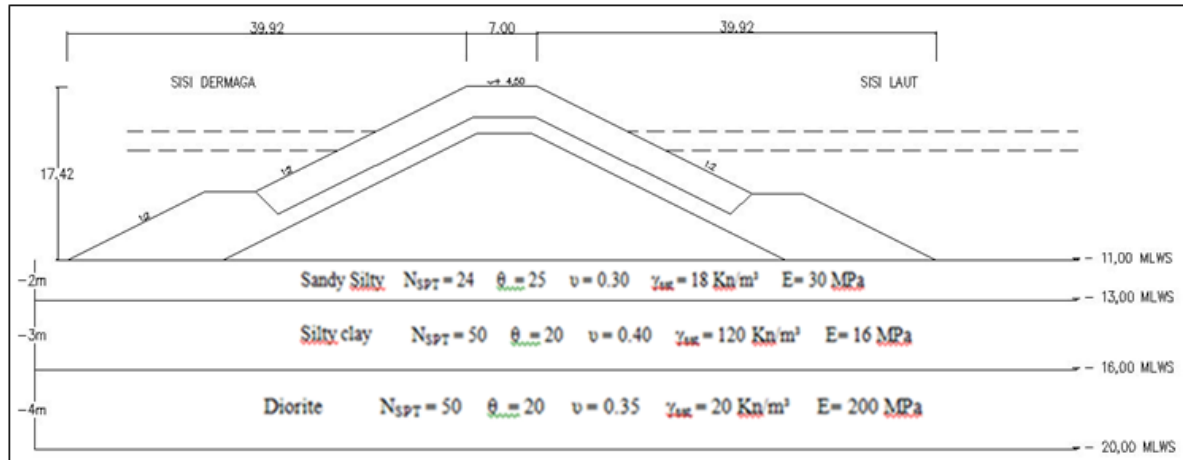
6.3 Stabilitas Terhadap Puncture Failure

Kontrol terhadap puncture failure ini bertujuan untuk mengetahui apakah tanah dibawah timbunan akan ambles apabila dibebani. Analisa stabilitas ini hanya dilakukan pada kondisi undrained (kondisi yang paling kritis) sehingga dalam perhitungan tanah di bawah breakwater ini memperhatikan tanah pada lapisan ke 1 yang merupakan lapisan tanah lanau berpasir. Gambaran lapisan tanah dibawah breakwater head yang menjadi contoh perhitungan stabilitas terhadap puncture failure dapat dilihat pada Gambar 6. 2.

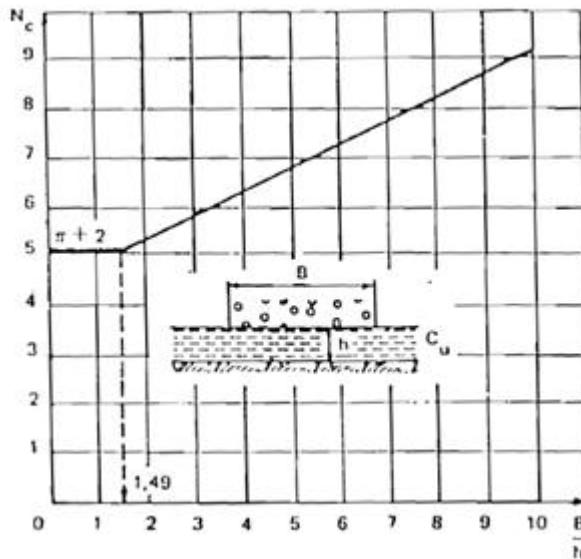
Perhitungan :

$$SF = \frac{q_{max}}{q} = \frac{(\pi+2)C_u}{\gamma \cdot h}, \text{ Bila } B > h \text{ maka } q_{max} = C_u \times N_c$$

B breakwater 78 m, sedangkan h 15.5 m sehingga untuk mencari q_{max} menggunakan syarat diatas. Pada lapisan tanah pertama memiliki sudut geser (ϕ) senilai 25. Untuk mendapatkan nilai N_c bisa menggunakan grafik Lihat Gambar 6. 3 dengan nilai B/h kurang dari 10. Sedangkan dari perhitungan B/h yang didapat 39, maka nilai N_c menggunakan Tabel 6. 12.



Gambar 6. 2 Parameter Tanah di bawah breakwater head

Gambar 6. 3 Korelasi N_c terhadap sudut geser

Sumber: Pondasi Dangkal Dr.Ir.Herman Wahyudi

Tabel 6. 12 Korelasi N_c terhadap sudut geser

N_q dan N_c merupakan faktor-faktor daya dukung yang besarnya tergantung dari harga ϕ (sudut geser dalam tanah). Untuk itu CAQUOT dan KERISEL memberikan daftar sebagai berikut :

ϕ°	N_c	N_q	N_γ
0	5,14	0	1,00
5	6,50	0,10	1,60
10	8,40	0,50	2,50
15	11,00	1,40	4,00
20	14,80	3,50	6,40
25	20,70	8,10	10,70
30	30,00	18,10	18,40
35	46,00	41,10	33,30
40	75,30	100,00	64,20
45	134,00	254,00	135,00

Sumber: Pondasi Dangkal Dr.Ir.Herman Wahyudi

Dari grafik tersebut didapat N_c senilai 20.70, maka dihasilkan :

$$SF = \frac{q_{\max}}{q} = \frac{15,6 \times 20,70}{2,5 \times 15,5} = 8,33$$

Perhitungan stabilitas breakwater terhadap puncture failure menunjukkan bahwa safety factor yang dihasilkan aman karena $SF > SF_{\min}$ yaitu 1,2 .

6.4 Stabilitas Tanah Terhadap Penurunan

Penambahan beban vertical diatas tanah akan menyebabkan tanah dibawah struktur bangunan terbebani dan tanah di bawah struktur bangunan tersebut akan mengalami penurunan (settlement). Besarnya penurunan yang terjadi pada lapisan tanah dasar akibat beban yang berada diatasnya adalah merupakan penjumlahan dari tiga komponen penurunan tanah, yaitu :

$$St = Si + Scp + Scs + Slat$$

Dimana :

St = Total settlement

Si = Immediate settlement

Sc = Primary consolidation settlement

Ss = Secondary consolidation settlement

Slat = Settlement akibat pergerakan tanah arah lateral

Perhitungan settlement pada tanah dasar dibawah breakwater harus memperhatikan kondisi dan jenis tanah pada perairan di Teluk Candrian. Hasil bore log dan SPT menunjukkan bahwa tanah dasar breakwater adalah *silty clay*, untuk kedalaman lebih dari 5m dibawah seabed jenis tanah berupa lapisan *diorite rock* serta *gravel*. Dari hasil pengetesan nilai SPT juga menunjukkan lapisan tanah di area ini didominasi lapisan tanah keras dari jenis batuan diorite dengan ukuran butiran berbentuk silt atau tercampur dengan pasir dibagian permukaan dan berbentuk gravel (kerikil sampai bongkahan) di lapisan yang lebih dalam. Sehingga

perhitungan settlement yang berpengaruh adalah immediate settlement. Sedangkan untuk secondary settlement diabaikan karena index compresi (C_c) sangat kecil.

6.4.1 Perhitungan Immediate Settlement

Pemampatan segera untuk pondasi atau urugan yang panjang dan tinggi lapisan tanah terbatas menggunakan prinsip dasar teori Biarez dan Giroud. Persamaan untuk menghitung besarnya pemampatan segera telah dijelaskan pada bab 2.

Tanah di bawah breakwater ini terdiri dari 3 lapis tanah maka perumusan immediate settlement menurut Biarez juga dapat dihitung menggunakan perumusan berikut :

$$\Delta h_{total} = \sum_{i=1}^n \frac{h_i \sigma}{E'_i}$$

$$\Delta h_{total} = \sigma \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{E'_i}$$

Dimana :

h_i = tebal tanah pada lapisan i
 E'_i = modul eodometrik pada lapisan i
 σ = tegangan akibat beban

$$E = E' \left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu} \right)$$

$$E' = \frac{E}{\left(1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu} \right)}$$

p = $\gamma_{armour} \times H$ (Beban terbagi rata)
 = $2,5 \text{ t/m}^3 \times 15,5 \text{ m}$
 = $38,75 \text{ t/m}^2 = 387,5 \text{ KN/m}^2$

Kedalaman 0 s/d -2 mLWS (Lapis 1)

Tebal = 2 m
 E = 30000 KN/m²

$$v = 0,3$$

$$E' = \frac{30000}{\left(1 - \frac{2 \cdot 0,3^2}{1 - 0,3}\right)} = 40384,6$$

Kedalaman -2 s/d -5 mLWS (Lapis 2)

$$\text{Tebal} = 3 \text{ m}$$

$$E = 16000 \text{ KN/m}^2$$

$$v = 0,4$$

$$E' = \frac{16000}{\left(1 - \frac{2 \cdot 0,4^2}{1 - 0,4}\right)} = 34285,7$$

Kedalaman -5 s/d -10 mLWS (Lapis 3)

$$\text{Tebal} = 5 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ KN/m}^2$$

$$v = 0,35$$

$$E' = \frac{200000}{\left(1 - \frac{2 \cdot 0,35^2}{1 - 0,35}\right)} = 320987,7$$

$$\Delta h_{\text{total}} = 387,5 \left(\frac{2}{40384,6} + \frac{3}{34285,7} + \frac{5}{320987,7} \right) \\ = 0,0059 \text{ m}$$

Jadi, penurunan tanah akibat immediate settlement adalah 6 cm.

Berdasarkan perhitungan immediate settlement diatas, maka total settlement yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} St &= Si + Scp + Scs + Slat \\ &= 0,0059 + 0 + 0 + 0 \\ &= 0,0059 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan total settlement tersebut menunjukkan bahwa besar total settlement yang terjadi masih dibawah asumsi

settlement yang digunakan dalam perencanaan penampang breakwater sebelumnya yaitu 0,4 m. Maka breakwater yang direncanakan sudah mampu mengantisipasi besar settlement yang terjadi.

6.4.2 Perhitungan Consolidation Settlement

Terdapat dua jenis consolidation settlement diantaranya primary consolidation settlement dan secondary settlement. Primary consolidation settlement yaitu perubahan volume tanah selama periode keluarnya air pori dari tanah sedangkan secondary settlement adalah penurunan setelah tekanan air pori hilang keseluruhan. Consolidation settlement umumnya terjadi pada lapisan tanah kohesif. Dikarenakan jenis lapisan tanah pada perencanaan breakwater ini berupa pasir, sehingga tidak terjadi consolidation settlement.

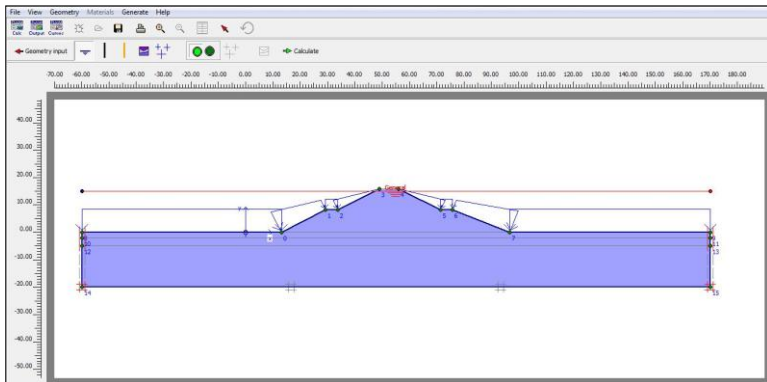
6.5 Stabilitas Terhadap Sliding

Kontrol sliding pada struktur breakwater perlu dilakukan untuk mengetahui apakah struktur breakwater yang direncanakan tersebut sudah aman terhadap kemungkinan bahaya longsor (sliding) atau sebaliknya. Perhitungan stabilitas terhadap sliding ini menggunakan media bantu program Plaxis. Program ini akan menghasilkan angka keamanan tertentu berdasarkan data yang dimasukkan.

Dalam perhitungan stabilitas head breakwater (-11 mLWS) terhadap sliding, terdapat 3 lapisan tanah. Parameter yang digunakan untuk jenis tanah *silty clay* baik sudut geser (θ) maupun kohesi tanah (C) nilai yang digunakan adalah pada kondisi undrained. Hal ini digunakan karena kondisi ini memiliki kemungkinan paling kritis.

Dalam mencari angka keamanan (SF) pada breakwater, dilakukan permodelan dengan 2 kondisi muka air yang berbeda.

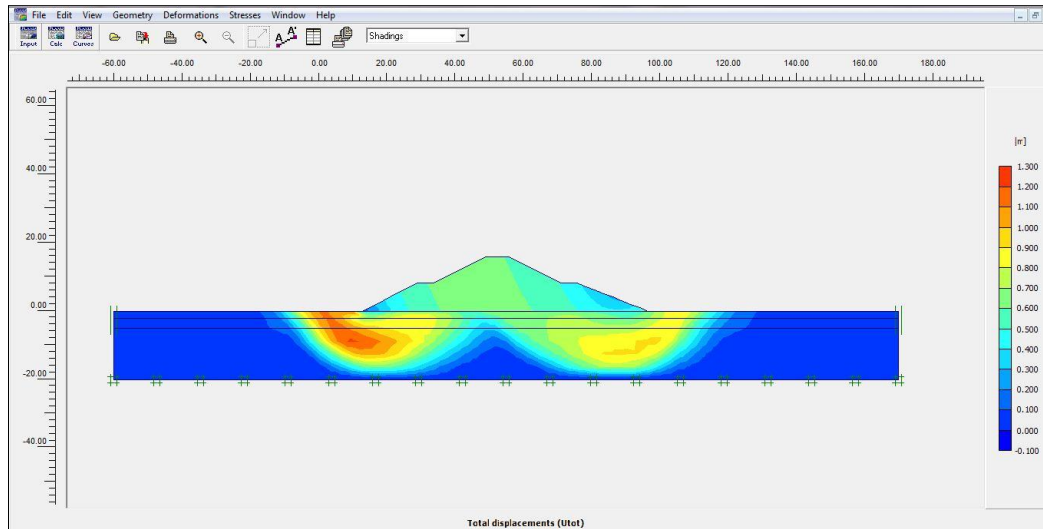
Kondisi ketika elevasi muka air pada 15,10 mLws. Untuk lebih mudah memahami, berikut permodelan breakwater dapat dilihat pada Gambar 6. 4 dan beserta hasil perhitungannya:



Gambar 6. 4 Permodelan breakwater pada elevasi air 15.10 mLws

Dari hasil analisa menggunakan Plaxis didapat SF sebesar 7.459 . Sedangkan untuk total displacementnya sebesar 1.0 cm.

Pada Gambar 6. 5 merupakan hasil permodelan untuk nilai total displacement:



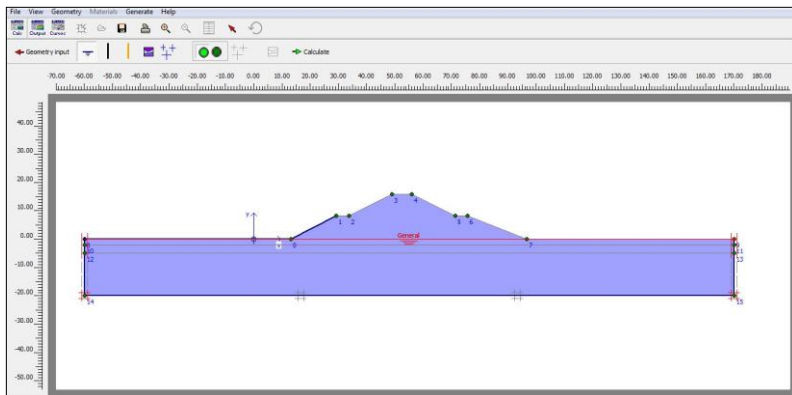
Gambar 6. 5 Total displacement pada elevasi muka air 15.10 m

Dari hasil analisa pada Gambar 6. 5, disimpulkan bahwa angka keamanan (SF) cukup besar dan total displacement yang terjadi kecil. Sehingga breakwater cukup aman dibangun diatas lapisan tanah tersebut.

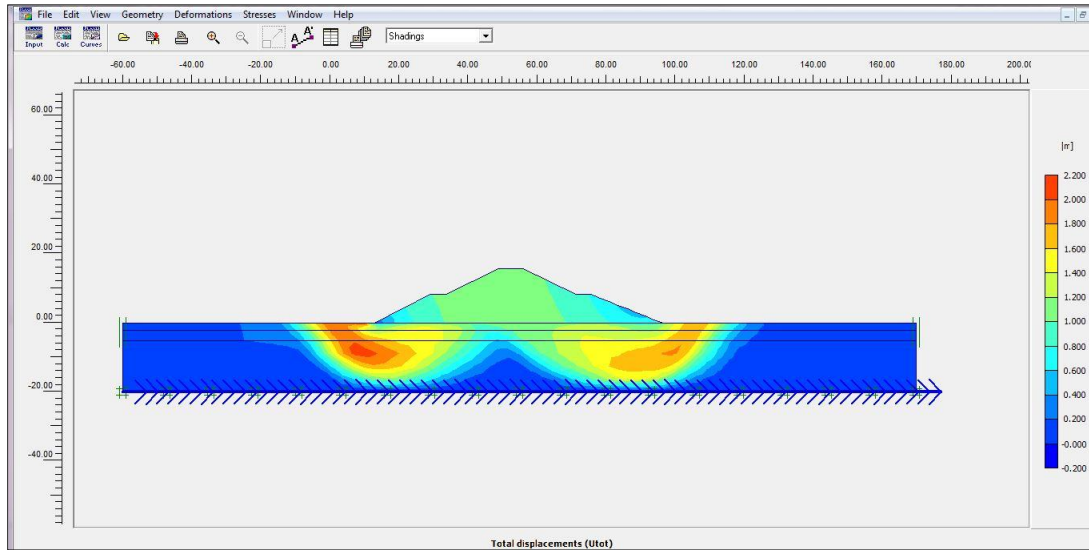
6.6 Stabilitas Terhadap Gempa

Kejadian gempa mempengaruhi perencanaan breakwater, maka dari itu kondisi kegempaan perlu diperhitungkan. Analisa kestabilan breakwater terhadap gempa menggunakan program Plaxis. Dan hasil analisa yang didapat berupa angka keamanan (SF) dan Total Displacement. Pada Gambar 6. 6 adalah hasil dari permodelan menggunakan Plaxis :

Angka keamanan yang didapat 5,45 dan total displacement yang terjadi sebesar 2,2 cm, Lihat Gambar 6. 7.



Gambar 6. 6 Permodelan breakwater kondisi air surut untuk pengecekan stabilitas terhadap gempa



Gambar 6. 7 Total displacement pada kondisi gempa

Pada Tabel 6. 13 merupakan rekapitulasi dari analisa stabilitas breakwater :

Tabel 6. 13 Rekapitulasi hasil analisa stabilitas breakwater

No	Analisa Stabilitas	Hasil Perhitungan		
1	Puncture Failure	SF	8.33	
2	Immediate Settlement	ST	0,59	cm
3	Sliding	SF	7,45	
		Utot	1,0	cm
4	Gempa	SF	5,45	
		Utot	2,2	cm

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII EVALUASI LAYOUT

7.1 Umum

Perencanaan layout dermaga tersus harus direncanakan dengan tepat sesuai dengan kebutuhan. Dermaga harus memiliki dimensi yang cukup untuk melayani kapal yang akan bersandar dan keperluan bongkar muat yang baik.

Oleh karena itu, evaluasi layout sangat penting untuk mengetahui perencanaan dermaga apakah sudah sesuai dengan standart dan ketentuan yang ada. Bab evaluasi layout ini, meliputi : area penjangkaran, alur masuk, kolam putar, kolam dermaga dan mengevaluasi layout jetty terhadap kapal yang akan bertambat di dermaga.

7.2 Kondisi Eksisting Layout Dermaga

Dermaga tersus ini terletak di Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi. Pada dermaga direncanakan akan melayani kapal LCT 1200 DWT yang memiliki draft 3,30 m. Kondisi eksisting dermaga dapat dilihat pada Gambar 7. 1 dan Gambar 7. 2. Dengan evaluasi layout dapat mengetahui apakah layout dermaga sudah cukup atau perlu dilakukan perubahan agar dapat melayani kapal yang bertambat. Untuk rekapitulasi kedalaman layout eksisting dapt dilihat pada Tabel 7. 1.



Gambar 7. 1 Layout eksisting dermaga di Teluk Candrian Banyuwangi



Gambar 7. 2 Kondisi eksisting dermaga di Teluk Candrian

Tabel 7. 1 Rekapitulasi layout eksisting dermaga di Teluk Candrian Banyuwangi

No.	Rencana Awal	Dimensi	
1	Area Penjangkaran		
	Kedalaman	-5	mLWs
	Diameter	360	m
2	Alur Masuk		
	Kedalaman		mLWs
	Panjang	138	m
	Lebar	70	m
4	Kolam Putar		
	Kedalaman	-3.9	mLWs
	Diameter	138	m
5	Kolam Dermaga		
	Kedalaman	-3.9	mLWs
	Panjang	87	m
	Lebar	16	m

7.3 Evaluasi Layout Perairan

Evaluasi layout wilayah perairan diurut sesuai arah datangnya kapal melalui laut. Ukuran fasilitas dihitung berdasarkan perkiraan jumlah kunjungan kapal dan ukuran kapal terbesar. Evaluasi layout ini mencakup beberapa hal, diantaranya:

- Perencanaan areal penjangkaran (*Anchorage Area*)
- Perencanaan alur masuk (*Entrance Channel*)
- Perencanaan kolam putar (*Turning Basin*)
- Perencanaan kolam dermaga (*Berth Basin*)

Penentuan dimensi fasilitas perairan berdasarkan :

- Keputusan Menteri Perhubungan KM 54 tahun 2002
- PIANC-Harbour Approach Channel Design Guidelines, 2014
- OCDI, Technical Standards And Commentaries For Port And Harbour Facilities In Japan, 2002

Untuk hasil akhir layout perairan dermaga ditetapkan berdasarkan hasil yang paling baik.

7.3.1 Areal Penjangkaran (*Anchorage Area*)

Areal penjangkaran disediakan untuk kapal yang menunggu akan bertambat dan selesai bertambat terkait kemungkinan alasan operasional maupun teknis. Jumlah kapal yang menunggu dihitung berdasarkan perkiraan antrian yang mungkin terjadi. Dalam areal penjangkaran digunakan kemungkinan terburuk dari berbagai kondisi yang diperkirakan akan terjadi.

- Menurut Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities

Radius areal penjangkaran sebagai berikut:

$$R = L + 6D + 30 \text{ m}$$

$$R = 68.8 \text{ m} + (6 \times 3.3 \text{ m}) + 30 \text{ m}$$

$$R = 118,6 \text{ m}$$

$$\text{Maka diameter} = 237,2 \text{ m}$$

Kedalaman areal penjangkaran minimal:

$$D = 2 \times \text{Draft}$$

$$D = 2 \times 3,3 \text{ m}$$

$$D = - 6.6 \text{ mLWS}$$

Jadi, luas lingkaran area penjangkaran menurut *Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities* 90.829 m² dan berada pada kedalaman -6,6 mLWs.

- Menurut Keputusan Menteri Perhubungan KM 54 tahun 2002

Kedalaman Area Penjangkaran

$$D = 2 \times \text{Draft}$$

$$D = 2 \times 3,33 \text{ m}$$

$$D = - 6,6 \text{ mLWS}$$

Jari-Jari Untuk Area Berlabuh

$$R = L + 6D + 30 \text{ m}$$

$$R = 68.8 \text{ m} + (6 \times 8 \text{ m}) + 30 \text{ m}$$

$$R = 169,44 \text{ m} \approx 170 \text{ m}$$

Maka diameter = 340 m, luas per lingkaran = 90.829 m^2

- i. Perairan untuk kegiatan pelayanan jasa/operasional:
 - Areal tempat labuh
 Luas areal berlabuh ($A1$) = jumlah kapal $\times \pi \times R^2$
 $A1 = 1 \times \pi \times 170^2 \text{ m}$
 $A1 = 90.829 \text{ m}^2$
- ii. Perairan untuk kebutuhan keselamatan pelayaran, pada areal penjangkaran perlu menyediakan:
 - Areal keperluan keadaan darurat (Areal Salvage)
 $A2 = 50\% \times A1$
 $A2 = 50\% \times 90.829 \text{ m}^2$
 $A2 = 45.414,29 \text{ m}^2$

Jadi, luas lingkaran area penjangkaran menurut *Keputusan Menteri Perhubungan KM 54 tahun 2002* luas area penjangkaran sebesar 90.829 m^2 dan berada pada kedalaman -8 mLWs.

- PIANC-Harbour Approach Channel Design Guidelines, 2014

Tabel 7. 2 Komponen kedalaman dan perkiraan draft untuk desain

Description	Vessel Speed	Wave Conditions	Channel Bottom	Inner Channel	Outer Channel
Ship Related Factors F_s					
Depth h	≤ 10 kts	None		1.10 T	
	10 - 15 kts			1.12 T	
	> 15 kts			1.15 T	
	All	Low swell ($H_s < 1$ m)			1.15 T to 1.2 T
		Moderate swell ($1 \text{ m} < H_s < 2 \text{ m}$)			1.2 T to 1.3 T
		Heavy swell ($H_s > 2 \text{ m}$)			1.3 T to 1.4 T
	Add for Channel Bottom Type				
	All	All	Mud	None	None
			Sand/clay	0.4 m	0.5 m
			Rock/coral	0.6 m	1.0 m
Air Draught Clearance (ADC)					
ADC	All	All		0.05 H_{st}	0.05 H_{st} + 0.4 T

Kedalaman area penjangkaran diasumsikan *Outer channel* berdasarkan pada Tabel 7. 2 karena berada diluar daerah terlindung breakwater.

$$D = 1.15 \times \text{Draft}$$

$$D = 1.3 \times 3,3 \text{ m}$$

$$D = - 3,8 \text{ mLWs}$$

Diameter Area Penjangkaran

$$R = \text{Loa} + 5H + 30 \text{ m}$$

$$R = 68,8 \text{ m} + (6 \times 3.8 \text{ m}) + 30 \text{ m}$$

$$R = 117,82 \text{ m}$$

$$\text{Luas area penjangkaran} = \text{jumlah kapal} \times \pi \times R^2$$

$$A = 1 \times \pi \times 118 \text{ m}$$

$$A = 43.761,14 \text{ m}^2$$

Jadi, luas lingkaran area penjangkaran menurut *PIANC-Harbour Approach Channel Design Guidelines, 2014* luas area penjangkaran sebesar 43.761,14 m² dan berada pada kedalaman - 3,8 mLWs.

7.3.2 Alur Masuk (*Entrance Channel*)

Lalu lintas kapal pengguna alur mencapai 1 kapal/hari, kondisi lalu lintas ini relatif kecil. Maka digunakan alur *one way traffic*.

- Menurut Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities

a. Lebar Alur Masuk

Untuk *one way traffic* adalah $0.5Loa$ dan $1,0Loa$
(Part VI-halaman 347)

$$W = 0,5 \times Loa$$

$$W = 0,5 \times 68,8$$

$$W = 34,41 \text{ m} \approx 35 \text{ m (Lebar Alur Minimal)}$$

b. Panjang Alur

$$Sd = 5Loa$$

$$Sd = 5 \times 68,82$$

$$Sd = 344,1 \text{ m}$$

c. Kedalaman minimum yang diperlukan

$$D = 1,3 \times \text{Draft}$$

$$D = 1,3 \times 3,3$$

$$D = 3,96 \text{ m}$$

- Menurut Keputusan Menteri Perhubungan KM 54 tahun 2002

a. Lebar Alur Masuk

$$W = 9B + 30 \text{ m}$$

$$W = (9 \times 13,5 \text{ m}) + 30 \text{ m}$$

$$W = 151,5 \text{ m}$$

b. Panjang Alur

$$Sd = 5Loa$$

$$Sd = 5 \times 68,8$$

$$S_d = 344,1 \text{ m}$$

- c. Kedalaman minimum yang diperlukan

$$D = 1,2 \times \text{Draft}$$

$$D = 1,3 \times 3,3$$

$$D = -3,96 \text{ m}$$

- Berdasarkan PIANC 2014 (Harbour Approach Channels Design Guidelines, Concept Design Methods for Straight Channels)

- a. Lebar Alur Masuk

$$W = W_{BM} + \sum W_i + W_{BR} + W_{BG}$$

Dimana:

W = Lebar untuk satu jalur

W_{BM} = Lebar jalur manuver

W_i = Lebar tambahan

W_{BR}, W_{BG} = Jarak tepi jalur

- b. Lebar jalur manuver

Berdasarkan PIANC 2014, kemampuan kapal barge tergolong lemah dalam bermanuver. Nilai $W_{BM} = 1.8 B$, Lihat Tabel 7. 3

Tabel 7. 3 Lebar jalur manuver

Ship Manoeuvrability	Good	Moderate	Poor
Basic Manoeuvring Lane, W_{BM}	1.3 B	1.5 B	1.8 B

(Sumber : Guidelines, Concept Design Methods for Straight Channels, PIANC 2014)

- Lebar tambahan

Berdasarkan Tabel 7. 4 didapat nilai W_i sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W_i &= 0B + 0,2B + 0,6B + 0,2B + 0,4B + 0B + \\ &\quad 0B + 0B \\ &= 1,4 B \end{aligned}$$

Tabel 7. 4 Lebar jalur tambahan

Width W_i	Vessel Speed	Outer Channel (open water)	Inner Channel (protected water)
(a) Vessel speed V_s (kts, with respect to the water)			
$V_s \geq 12$ kts	fast		0.1 B
$8 \text{ kts} \leq V_s < 12 \text{ kts}$	mod		0.0
$5 \text{ kts} \leq V_s < 8 \text{ kts}$	slow		0.0
(b) Prevailing cross wind V_{cw} (kts)			
- mild			
$V_{cw} < 15$ kts	fast		0.1 B
$(< \text{Beaufort } 4)$	mod		0.2 B
	slow		0.3 B
- moderate			
$15 \text{ kts} \leq V_{cw} < 33 \text{ kts}$	fast		0.3 B
$(\text{Beaufort } 4 - \text{Beaufort } 7)$	mod		0.4 B
	slow		0.6 B
- strong			
$33 \text{ kts} \leq V_{cw} < 48 \text{ kts}$	fast		0.5 B
$(\text{Beaufort } 7 - \text{Beaufort } 9)$	mod		0.7 B
	slow		1.1 B
(c) Prevailing cross-current V_{cc} (kts)			
- negligible $V_{cc} < 0.2$ kts			
	all	0.0	0.0
- low			
$0.2 \text{ kts} \leq V_{cc} < 0.5 \text{ kts}$	fast	0.2 B	0.1 B
	mod	0.25 B	0.2 B
	slow	0.3 B	0.3 B
- moderate			
$0.5 \text{ kts} \leq V_{cc} < 1.5 \text{ kts}$	fast	0.5 B	0.4 B
	mod	0.7 B	0.6 B
	slow	1.0 B	0.8 B
- strong			
$1.5 \text{ kts} \leq V_{cc} < 2.0 \text{ kts}$	fast	1.0 B	-
	mod	1.2 B	-
	slow	1.6 B	-
(d) Prevailing longitudinal current V_{lc} (kts)			
- low			
$V_{lc} < 1.5$ kts	all	0.0	
- moderate			
$1.5 \text{ kts} \leq V_{lc} < 3 \text{ kts}$	fast	0.0	
	mod	0.1 B	
	slow	0.2 B	
- strong			
$V_{lc} \geq 3 \text{ kts}$	fast	0.1 B	
	mod	0.2 B	
	slow	0.4 B	
(e) Beam and stern quartering wave height H_s (m)			
$H_s \leq 1 \text{ m}$	all	0.0	0.0
$1 \text{ m} < H_s < 3 \text{ m}$	all	~0.5 B	-
$H_s \geq 3 \text{ m}$	all	~1.0 B	-
(f) Aids to Navigation (AtoN)			
- excellent			0.0
- good			0.2 B
- moderate			0.4 B
(g) Bottom surface			
- if depth $h \geq 1.5 T$			0.0
- if depth $h < 1.5 T$ then			
- smooth and soft			0.1 B
- rough and hard			0.2 B
(h) Depth of waterway h			
		$h \geq 1.5 T$	0.0 B
	$1.5 T > h \geq 1.25 T$	0.1 B	0.2 B
	$h < 1.25 T$	0.2 B	0.4 B
(i) High cargo hazards			
		See explanation in box(i) overleaf	

(Sumber : Guidelines, Concept Design Methods for Straight Channels, PIANC 2014)

$$W_i = 0B + 0.2B + 0.6B + 0.2B + 0.4B$$

$$W_i = 1.4B$$

- Lebar jalur tepi

Berdasarkan Tabel 7. 5 nilai $W_{BR}, W_{BG} = 0,5 B$

Tabel 7. 5 Lebar jalur tepi

Width for bank clearance (W_{BR} and/or W_{BG})	Vessel Speed	Outer channel (open water)	Inner channel (protected water)
Gentle underwater channel slope (1:10 or less steep)	fast moderate slow	0.2 B 0.1 B 0.0 B	0.2 B 0.1 B 0.0 B
Sloping channel edges and shoals	fast moderate slow	0.7 B 0.5 B 0.3 B	0.7 B 0.5 B 0.3 B
Steep and hard embankments, structures	fast moderate slow	1.3 B 1.0 B 0.5 B	1.3 B 1.0 B 0.5 B

(Sumber : Guidelines, Concept Design Methods for Straight Channels, PIANC 2014)

Maka lebar total untuk *one way traffic* adalah:

$$\begin{aligned}
 W &= W_{BM} + \sum W_i + W_{BR} + W_{BG} \\
 W &= 1,8 B + 1.4 B + 0,5 B + 0,5 B \\
 W &= 4.2 B \\
 &= 4.2 \times 13,5 \text{ m} \\
 &= 56,70 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, lebar alur masuk yang digunakan untuk kapal LCT 1200 DWT sebesar 57 m.

a. Panjang Alur Masuk

Untuk perhitungan panjang alur diasumsikan bahwa kapal kosong/ ballast, maka panjang alur masuk dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_d &= 5 \times \text{LOA} \\ &= 5 \times 68.8 \text{ m} \\ &= 344,1 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Kedalaman Alur Masuk

Kondisi perairan disekitar sepanjang alur masuk diasumsikan dalam kondisi yang bergelombang, namun perjalanan kapal masih dalam kondisi aman. Untuk kondisi seperti ini, kedalaman alur masuk dihitung dengan menggunakan Tabel 7. 6 dan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} D &= 1,15 \times \text{Draft} \\ &= 1,15 \times 3,3 \text{ m} \\ &= -3.79 \text{ mLWs} \end{aligned}$$

Tabel 7. 6 Kebutuhan kedalaman

Description	Vessel Speed	Wave Conditions	Channel Bottom	Inner Channel	Outer Channel
Ship Related Factors F_s					
Depth h	≤ 10 kts	None		1.10 T	
	10 - 15 kts			1.12 T	
	> 15 kts			1.15 T	
	All	Low swell ($H_s < 1$ m)			1.15 T to 1.2 T
		Moderate swell ($1 \text{ m} < H_s < 2 \text{ m}$)			1.2 T to 1.3 T
		Heavy swell ($H_s > 2 \text{ m}$)			1.3 T to 1.4 T
	Add for Channel Bottom Type				
	All	All	Mud	None	None
			Sand/clay	0.4 m	0.5 m
			Rock/coral	0.6 m	1.0 m
Air Draught Clearance (ADC)					
ADC	All	All		0.05 H_{st}	0.05 H_{st} + 0.4 T

(Sumber : Guidelines, Concept Design Methods for Straight Channels, PIANC 2014)

c. *Stopping Distance*

Menurut PIANC tentang jarak berhenti atau jarak untuk menurunkan kecepatan sebelum mendekati kolam labuh menjelaskan bahwa untuk kapal ukuran sedang dan kecil tidak menimbulkan masalah untuk infrastruktur pelabuhan. Karena kapal yang direncanakan untuk bertambat di dermaga candrian kurang dari 50.000 dwt, maka untuk stopping distance tidak diperhitungkan. (3.1.8.2 *Stopping Procedure and Estimation of Stopping Distance* - Page 86)

7.3.3 Kolam Putar (*Turning Basin*)

Kolam putar berada di ujung alur masuk atau dapat diletakkan di sepanjang alur bila alurnya panjang ($>S_d$) atau di depan kolam dermaga. Kapal diharapkan dapat bermanuver dengan kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu dengan *tugboat*. Areal yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter (D_b). Direncanakan kolam putar dengan tidak dipandu *tugboat*.

- Menurut Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities

(1) It is recommended that turning basins be located appropriately in front of mooring facilities in consideration of the layout of other navigation channels and basins.	
(2) The standard area of turning basin is as follows:	
(a) Bow turning without assistance of tugboats:	Circle having a diameter of $3L$
(b) Bow turning using tugboats:	Circle having a diameter of $2L$
Thrusters with a sufficient power may be considered as equivalent to a tugboat.	
(3) As for small ships, when the above standard area cannot be provided due to topographic conditions, the area of turning basin may be reduced to the following level by using mooring anchors, winds, or tidal currents:	
(a) Bow turning without assistance of tugboat:	Circle having a diameter of $2L$
(b) Bow turning using tugboat:	Circle having a diameter of $1.5L$

(Sumber: *Area of basin used for ship maneuvering-352*)

$$\begin{aligned}
 D_b &= 2 \times LOA \\
 &= 2 \times 68.8 \text{ m} \\
 &= 137,64 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah kapal} \times \pi \times R^2 \\
 &= 1 \times \pi \times 137,64^2 \text{ m} \\
 &= 59852,57 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk kedalaman kolam putar direncanakan berada di depan kolam dermaga. Dan memiliki kedalaman yang disamakan dengan alur masuk.

$$\text{Kedalaman} = -4 \text{ mLWs}$$

$$\text{Diameter} = 138 \text{ m}$$

- Menurut Keputusan Menteri Perhubungan KM 54 tahun 2002

Diameter Kolam Putar

$$D_b = 3L_{oa}$$

$$D_b = 3 \times 68,8 \text{ m}$$

$$= 206,46 \text{ m}$$

Luas Area Kolam Putar

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah kapal} \times \pi \times R^2 \\
 &= 1 \times \pi \times 137,2^2 \text{ m} \\
 &= 59.126,15 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk kedalaman kolam putar direncanakan berada di depan kolam dermaga. Dan memiliki kedalaman yang disamakan dengan alur masuk.

$$\text{Kedalaman} = -4 \text{ mLWs}$$

$$\text{Diameter} = 206,46 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 59.126,15 \text{ m}^2$$

- Berdasarkan PIANC 2014 (Harbour Approach Channels Design Guidelines, Concept Design Methods for Straight Channels)

Diameter Kolam Putar

$$D_b = 2 \times L_{OA}$$

$$= 2 \times 68,8 \text{ m}$$

$$= 137,64 \text{ m} \approx 138 \text{ m}$$

Kedalaman Kolam Putar

$$\begin{aligned} D &= 1,15 \times \text{Draft} \\ &= 1,15 \times 3,3 \\ &= 3,8 \text{ mLWs} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah kapal} \times \pi \times R^2 \\ &= 1 \times \pi \times 183^2 \text{ m} \\ &= 105.251,14 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jadi, diameter kolam putar yang didapat sebesar 138 m dan berada pada kedalaman –3,8 mLWs.

7.3.4 Kolam Dermaga (*Basin*)

- Menurut Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities
 - a. Panjang Kolam Dermaga

$$\begin{aligned} P &= 1,25 \times \text{LOA} \\ &= 1,25 \times 68,8 \text{ m} \\ &= 86,025 \text{ m} \approx 87 \text{ m} \end{aligned}$$
 - b. Lebar Kolam Dermaga

$$\begin{aligned} L &= 1,25 \times B \\ &= 1,25 \times 13,5 \text{ m} \\ &= 16,875 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, luas kolam dermaga yang dibutuhkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 87 \text{ m} \times 17 \text{ m} \\ &= 1479 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- c. Kedalaman kolam dermaga

$$\begin{aligned} D &= 1,15 \times \text{Draft} \\ &= 1,15 \times 3,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= - 3,795 \text{ mLWs}$$

- Menurut Keputusan Menteri Perhubungan KM 54 tahun 2002

Perhitungan panjang dan lebar dari kolam dermaga tidak dijelaskan secara detail. Hanya ada ketentuan menghitung luas area kolam dermaga, sehingga Penentuan panjang dan lebar di dapat dari perhitungan luas area tersebut.

- a. Luas Area Kolam Dermaga

$$A = 1,8 L \times 1,5 L$$

Dimana L merupakan panjang kapal, sehingga:

$$\begin{aligned} A &= (1,8 \times 68,8\text{m}) \times (1,5 \times 68,8 \text{ m}) \\ &= 165 \text{ m} \times 137 \text{ m} \\ &= 22.575,44 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut maka didapat :

$$\text{Panjang kolam dermaga} = 165 \text{ m}$$

$$\text{Lebar kolam dermaga} = 137 \text{ m}$$

- b. Kedalaman Kolam Dermaga

$$\begin{aligned} D &= 1,15 \times \text{Draft} \\ &= 1,15 \times 3,3 \text{ m} \\ &= - 3,80 \text{ mLWs} \end{aligned}$$

- Berdasarkan PIANC 2014 (*Harbour Approach Channels Design Guidelines, Concept Design Methods for Straight Channels*)

- a. Panjang Kolam Dermaga

$$\begin{aligned} P &= 1,25 \times \text{LOA} \\ &= 1,25 \times 68.8 \text{ m} \\ &= 86,025 \text{ m} \end{aligned}$$

- b. Lebar Kolam Dermaga

$$\begin{aligned} L &= 1,25 \times B \\ &= 1,25 \times 13,35 \text{ m} \\ &= 16,875 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, luas kolam dermaga yang dibutuhkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 87 \text{ m} \times 17 \text{ m} \\ &= 1479 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Kedalaman kolam dermaga

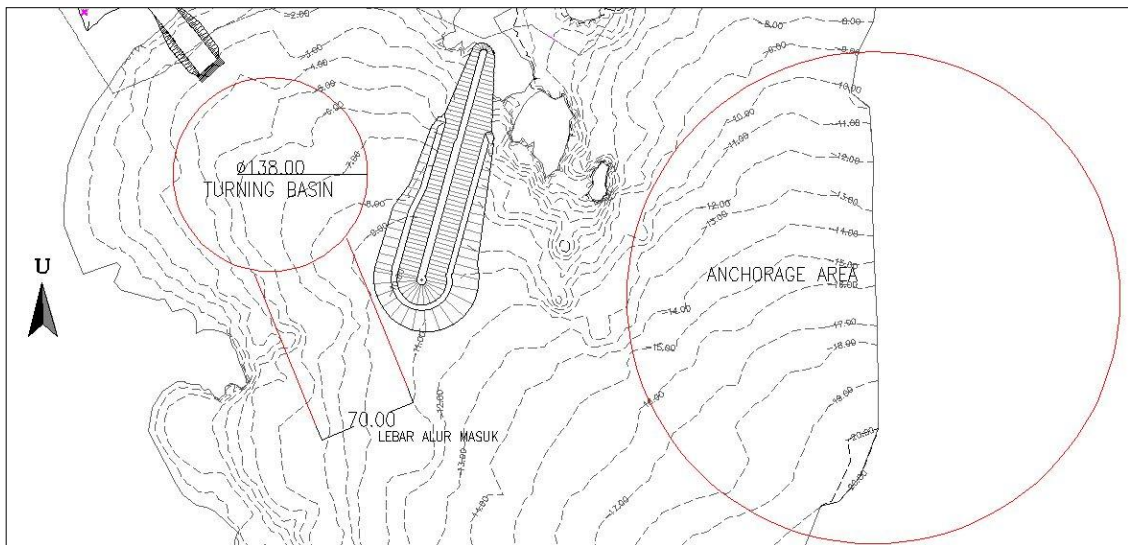
$$\begin{aligned} D &= 1,15 \times \text{Draft} \\ &= 1,15 \times 3,3 \text{ m} \\ &= - 3,795 \text{ mLWs} \end{aligned}$$

7.3.5 Hasil Evaluasi Layout Perairan

Hasil perhitungan kebutuhan fasilitas perairan dermaga tersus di Teluk Candrian pada Tabel 7. 7

Tabel 7. 7 Rekapitulasi layout perairan

No.	Evaluasi	Dimensi	
1	Area Penjangkaran		
	Kedalaman (Minimal)	-8	mLWs
	Diameter	44,506	m
2	Alur Masuk		
	Kedalaman	-4	mLWs
	Panjang	345	m
	Lebar	69	m
4	Kolam Putar		
	Kedalaman	-4	mLWs
	Diameter	138	m
5	Kolam Dermaga		
	Kedalaman	-4	mLWs
	Panjang	104	m
	Lebar	17	m

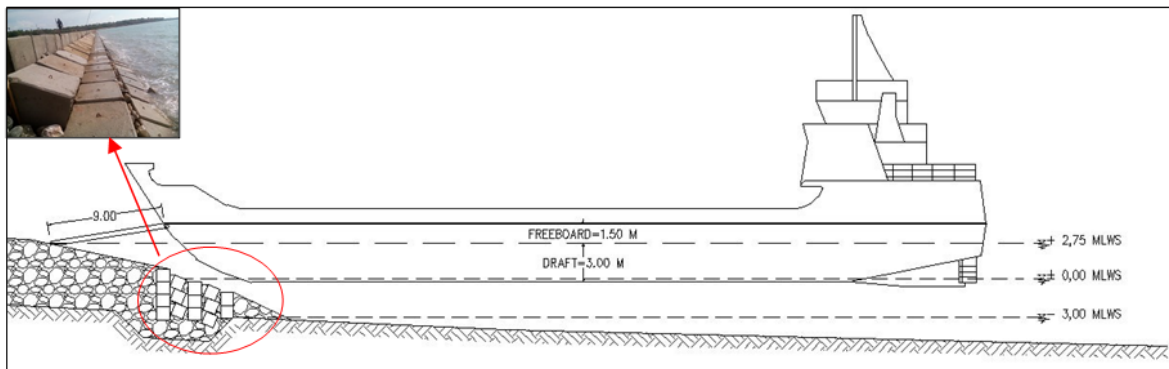


Gambar 7. 3 Hasil evaluasi layout perairan

7.4 Evaluasi Layout Jetty

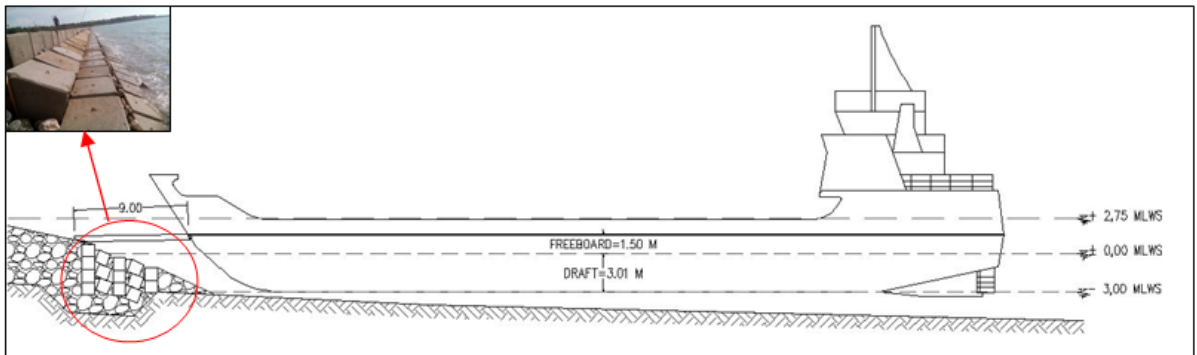
Evaluasi layout jetty disesuaikan dengan jenis kapal yang akan bertambat di dermaga, yaitu kapal LCT 1200 DWT. Evaluasi layout ini mencakup beberapa hal, diantaranya:

- a. Panjang Jetty
Panjang total jetty mulai dari batas laydown area hingga ujung direncanakan berada pada -3.00 mLWs. Dikarenakan kapal LCT dengan draft 3,30 m, sehingga terdapat penambahan panjang jetty dari kondisi eksisting yang ada.
- b. Lebar Jetty
Untuk lebar jetty mempertimbangkan ramp kapal yang akan bertambat. Karena untuk jenis kapal Roro, ketika bertambat ramp kapal tersebut yang akan menempel pada permukaan jetty. Maka lebar jetty direncanakan sesuai dengan lebar ramp kapal LCT yaitu 9.20 m. Untuk mengantisipasi ketidaktepatan LCT dalam bertambat maka lebar jetty ditambah menjadi 15.50 m. Maka dibutuhkan pelebaran dari kondisi eksisting yang ada.
- c. Elevasi Permukaan Jetty
Penentuan elevasi jetty memperhatikan beberapa kondisi diantaranya :
 - Pasang, kondisi kapal kosong atau ballast
Jika perairan dalam keadaan pasang dan kapal ballast, maka elevasi kapal akan lebih tinggi, Hal tersebut berpengaruh pada elevasi bukaan ramp. Namun untuk kondisi seperti ini tidak menjadi masalah ketika bongkar muat beroperasi. Karena truk yang akan keluar masuk ke dalam kapal tidak mengalami kesulitan. Untuk lebih jelas lihat Gambar 7. 4



Gambar 7. 4 Ilustrasi posisi ramp pada saat pasang dan kapal ballast

- Surut, kondisi kapal penuh
Jika perairan dalam keadaan surut dan kapal penuh, maka yang perlu diperhatikan adalah posisi bukaan ramp. Di khawatirkan elevasi ramp akan lebih rendah dibandingkan dengan elevasi jetty. Kondisi seperti ini akan menjadi masalah ketika bongkar muat beroperasi. Karena truk yang akan keluar masuk ke dalam kapal mengalami kesulitan. Untuk lebih jelas lihat Gambar 7. 5



Gambar 7. 5 Ilustrasi posisi ramp pada saat surut dan kapal penuh muatan

Agar kegiatan bongkar muat kapal dapat tetap berlangsung meskipun dalam kondisi pasang maupun surut, maka jetty bagian depan (head) berada pada elevasi ujung -3.00 mLOWs mengikuti posisi ramp yang dapat terbuka pada saat surut. Sedangkan untuk bagian pangkal +5.00 mLOWs.

Hasil perhitungan kebutuhan jetty dermaga tersus di Teluk Candrian pada Tabel 7. 8

Tabel 7. 8 Rekapitulasi hasil evaluasi jetty

No	Jetty		
	Evaluasi	Dimensi	Keterangan
1	Kedalaman	-3.00 mLOWs	
2	Panjang	100 m	
3	Lebar	16 m	
4	Elevasi permukaan	2.00 mLOWs	segmen head
		5.00 mLOWs	segmen pangkal

BAB VIII

PERENCANAAN JETTY

8.1 Umum

Sesuai jenis kapal LCT yang akan merapat, maka kebutuhan infrastruktur yang paling utama berupa dermaga untuk sistem bongkar muat *roll-on roll-off* menggunakan metode mengkandaskan lunas kapal. Maka dermaga yang digunakan adalah dermaga jetty yang tegak lurus dengan garis pantai, karena disesuaikan dengan tipe kapal RORO.

Tipe konstruksi jetty dalam perencanaan ini adalah tipe wharf yang disusun dari timbunan batu dan kubus beton. Terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan jetty ini, diantaranya:

- Ujung jetty direncanakan dari susunan beton kubus agar tidak mengganggu dan memudahkan kapal saat bertambat.
- Lebar puncak dari ujung jetty harus mencukupi dan mampu memenuhi kebutuhan lebar dari *ramp door* kapal.
- Elevasi dermaga mempertimbangkan kondisi pasang dan surut yang terjadi.
- Kemiringan timbunan batuan pada ujung jetty mempertimbangkan kondisi bukaan dari *ramp door* kapal.
- Material yang digunakan untuk ujung jetty harus mampu menahan timbunan batu yang ada dibelakang, maka digunakan beton kubus yang memiliki berat jauh lebih besar dari material timbunan pada jetty.

8.2 Perencanaan Berat Batuan Jetty

8.2.1 Difraksi

Difraksi adalah pembelokan gelombang yang menabrak ujung rintangan seperti groin, *breakwater* atau pulau, sehingga di daerah belakang rintangan menjadi tidak tenang karena timbul

arus. Selain itu, tinggi gelombang yang datang tersebut menjadi berkurang. Berikut adalah contoh perhitungan tinggi gelombang akibat defraksi:

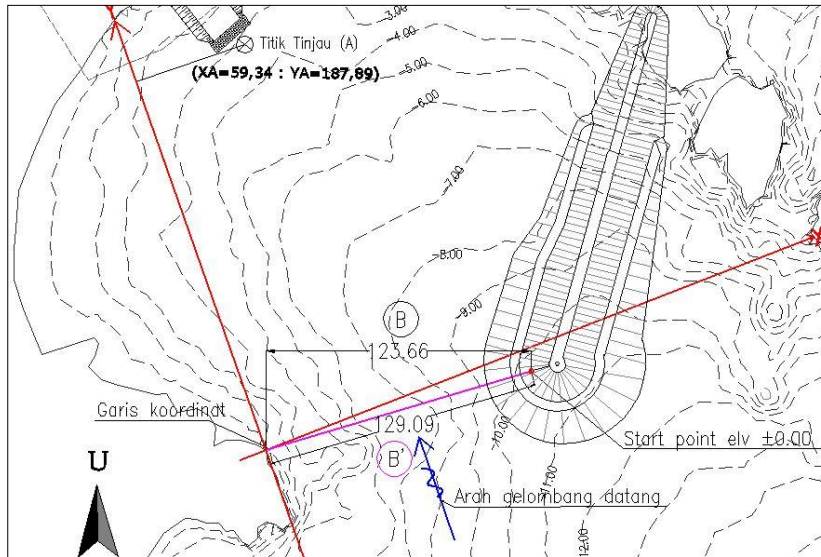
Diketahui:

Periode gelombang	= 11.84 m
Sudut datang gelombang (θ)	= 60°
Jarak titik tinjau dari Bw	= 187,89 m
Titik A membentuk sudut θ (β)	= 53°
Tinggi gelombang di ujung Bw	= 4,10 m

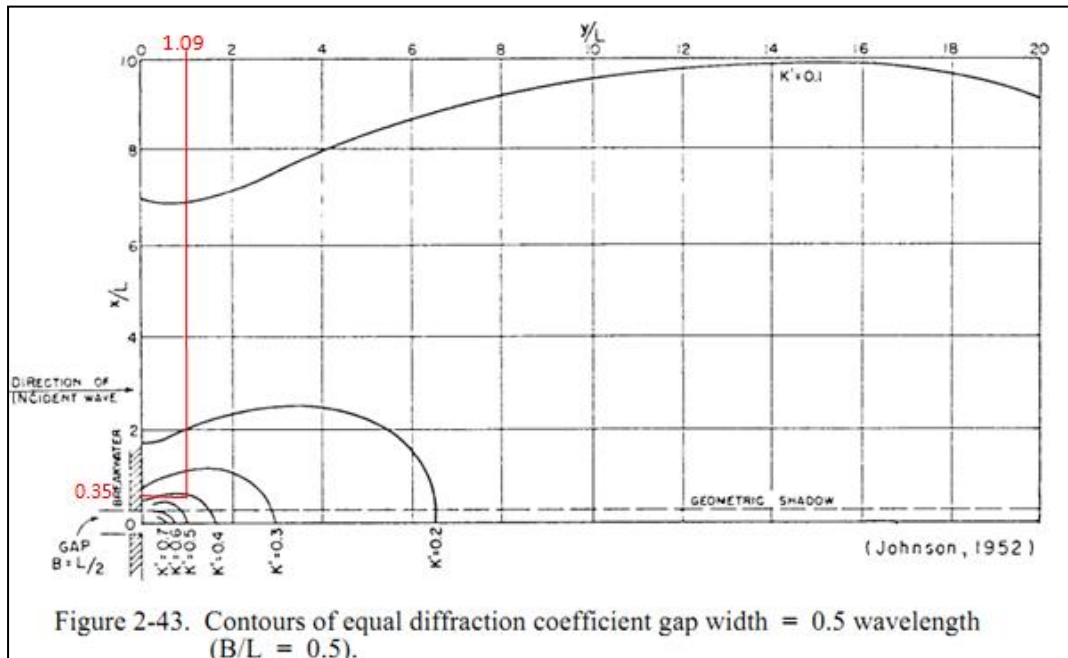
Untuk mencari koefisien difraksi menggunakan grafik yang terdapat pada *Shore Protection Manual*. Namun sebelum itu perlu ditentukan jenis grafik yang akan digunakan melalui data berikut ini:

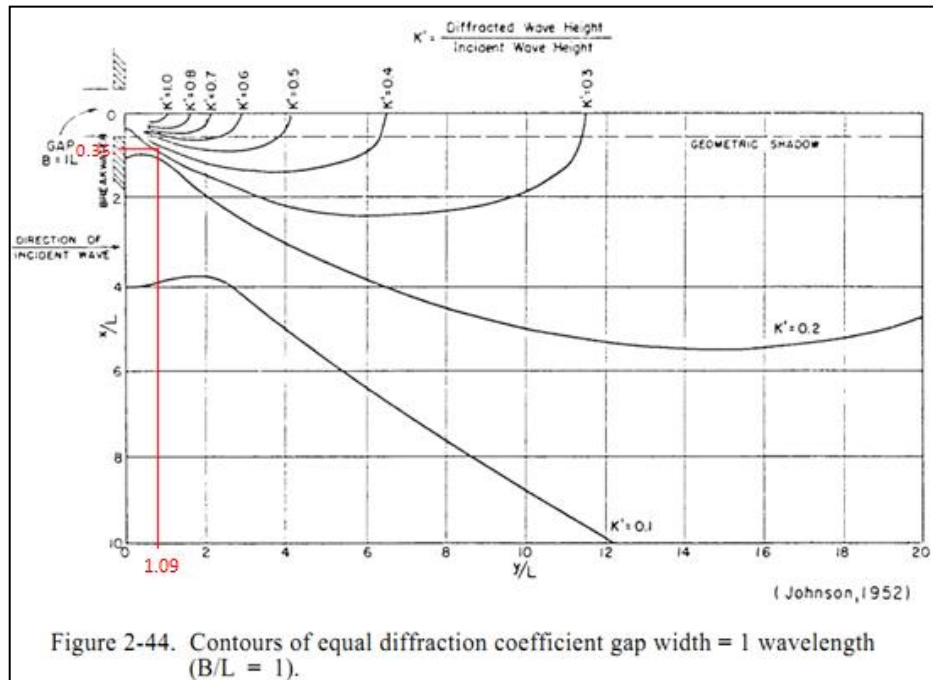
B	= 129,09 m
Lo	= 218,68 m
X	= 59,43
Y	= 187,89

Keterangan koordinat X,Y ada pada Gambar 8. 1. Grafik yang dipilih berdasarkan nilai B/L. Pada perhitungan B/L didapatkan nilai 0.75. Dikarenakan grafik dengan nilai 0.75 tidak ada, maka dilakukan interpolasi pada hasil dari dua grafik berikut:
(Sesuai dengan *Shore Protection Manual-Figure 2-54*)



Gambar 8. 1 Koordinat titik tinjau untuk koefisien difraksi

Gambar 8. 2 Grafik KD untuk $B/L = 0.5$



Gambar 8. 3 Grafik KD untuk $B/L = 1$

Dari Gambar 8. 2 dan Gambar 8. 3 diatas didapatkan koefisien difraksi (KD) sebesar 0,35.

Tinggi gelombang titik A adalah

$H_a = K \times \text{Tinggi gel. laut dalam}$

$$= 0,35 \times 4,10 \text{ m}$$

$$= 1,44 \text{ m}$$

Tinggi gelombang inilah yang dipakai untuk menghitung berat batuan yang akan digunakan sebagai pengisi jetty.

8.3 Perhitungan Berat Batuan

8.3.1 Van Der Meer

Rumus Van Der Meer dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu:

1. Gelombang Pecah (Plunging Wave)
2. Gelombang Tak Pecah (Surging Wave)

Direncanakan timbunan jetty dengan menggunakan batu alam dengan $G_b = 2650 \text{ kg/m}^3$ dan $G_b = 2500 \text{ kg/m}^3$, tetrapod dengan $G_b 2400 \text{ kg/m}^3$. Perencanaan dengan itu nilai

$$H_o = 1,44 \text{ m (Setelah Difraksi)}$$

$$L_o = 218,68$$

$$S_m = 0,09 \text{ (} H_o/L_o \text{)}$$

$$\alpha = 34^\circ \text{ (Kemiringan struktur jetty 1: 1,5)}$$

$$P = 0,4$$

Menentukan perhitungan tergolong dalam *plunging wave* atau *surging wave*.

$$\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{S_m}}$$

$$\xi_m = \frac{\tan 34}{0,09}$$

$$\xi_m = 5,44$$

$$\xi_{mc} = (6,2 \times P^{0.31} \sqrt{\tan \alpha})^{\frac{1}{p+0.5}}$$

$$\xi_{mc} = (6,2 \times 0,4^{0.31} \sqrt{\tan 34})^{\frac{1}{0.4+0.5}}$$

$$\xi_{mc} = 4,45$$

Jadi $\xi_m > \xi_{mc}$ termasuk dalam *surging wave*

Untuk perhitungan selanjutnya menggunakan *Surging Wave*.

8.3.1.1 Berat Batu Pecah

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = 1.0 P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^p$$

Dimana:

$$H_{2\%} = 1,4H$$

$$\Delta = 1,573$$

$$N = 1000$$

$$N_s = \frac{1,44 \times 1,4}{\Delta D_{n50}} = 1 \times 0,4^{0.18} \left(\frac{8}{\sqrt{32}} \right)^{0.2} 1,22 \times 7,7^{-0.4}$$

$$D_{n50} = 0,65 \text{ m}$$

8.3.1.2 Berat Batuan satu unit

- a. Batu alam dengan G_b (γ_r) 2650 kg/m³

$$\begin{aligned} W_{Dn50} &= D_{n50}^3 \cdot \gamma_r \\ &= 0,65^3 \cdot 2,65 \\ &= 0,73 \text{ ton} \end{aligned}$$

- b. Batu alam dengan G_b (γ_r) 2500 kg/m³

$$\begin{aligned} W_{Dn50} &= D_{n50}^3 \gamma_r \\ &= 0,65^3 \cdot 2,50 \\ &= 0,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

8.3.1.3 Dimensi Primary Layer

Dalam contoh perhitungan ini menggunakan berat jenis batu alam 2500 kg/m³ di segmen jetty head front.

- Berat batu
 $W = 0,68 \text{ ton}$

- Dimensi batu

$$\begin{aligned} D &= \frac{W^{1/3}}{\gamma_r} \\ &= \frac{0,68^{1/3}}{2,50} \\ D &= 0,65 \text{ m} \end{aligned}$$

- Lebar Puncak Bangunan

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$B = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

- Tebal Lapisan

Tebal lapisan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$t = 4 \times 1,0 \times 0,65$$

$$t = 2,6 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

- Jumlah batu

Jumlah batu dapat dihitung dengan rumus :

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100}\right) \left(\frac{\gamma_r}{W}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$N = 10 \times 4 \times 1 \times \left(1 - \frac{37}{100}\right) \times 0,65$$

$$N = 16,4 \approx 17$$

8.3.1.4 Dimensi Secondary Layer

Dalam contoh perhitungan ini menggunakan berat jenis batu alam 2500 kg/m³.

- Berat batu

$$W = \frac{0,68}{10}$$

$$= 0,07 \text{ ton}$$

- Dimensi batu

$$D = \frac{w^{1/3}}{\gamma_r}$$

$$D = \frac{0,07^{1/3}}{2,50}$$

$$D = 0,33 \text{ m}$$

- Lebar Puncak Bangunan

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$B = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$B = 4 \times 1,0 \times 0,33$$

$$B = 1,21 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

- Tebal Lapisan
Tebal lapisan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$t = n \cdot K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$t = 4 \times 1,0 \times 0,33$$

$$\approx 1,20 \text{ m}$$

- Jumlah batu
Jumlah batu dapat dihitung dengan rumus :

$$N = A n K_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$N = 10 \times 4 \times 1 \times \left(1 - \frac{37}{100} \right) \times 0,33$$

$$N = 7,6 \approx 8$$

8.3.1.5 Rekapitulasi Perhitungan Van Der Meer

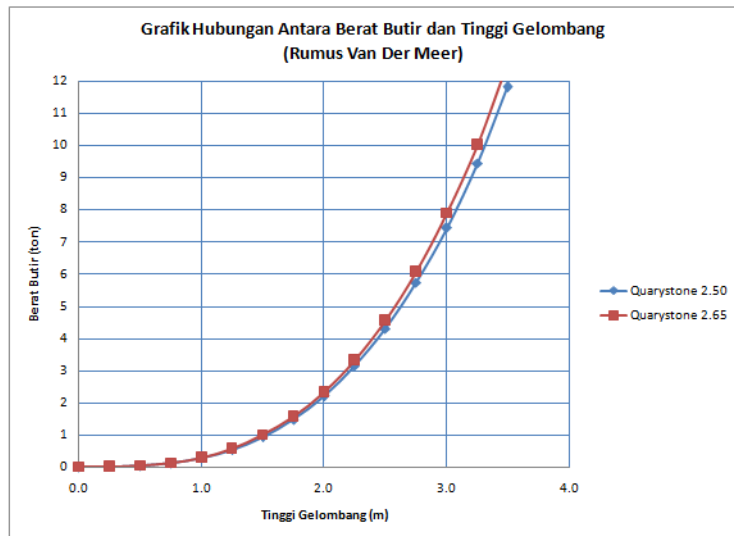
Pada Tabel 8. 1 dan Tabel 8. 2 merupakan hasil perhitungan berat material menggunakan rumus Van Der Meer, untuk grafik hubungan antara berat dan tinggi gelombang dapat dilihat pada Gambar 8. 4:

Tabel 8. 1 Rekapitulasi hasil perhitungan material
Quarystone ($\gamma = 2,50 \text{ t/m}^3$)

Quarystone 2.50							
Armor Type	n	K _Δ	W (ton)	γ _r (ton/m ³)	B (m)	t (m)	N
Primary Layer	4	1	0.684	2.50	3	2.6	17
Secondary	4	1	0.068	2.50	2	2	8

Tabel 8. 2 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone ($\gamma = 2,65 \text{ t/m}^3$)

Quarystone 2.50							
Armor Type	n	K Δ	W (ton)	γ_r (ton/m ³)	B (m)	t (m)	N
Primary Layer	4	1	0.684	2.50	3	2.6	17
Secondary	4	1	0.068	2.50	2	2	8



Gambar 8. 4 Grafik hubungan berat dan tinggi gelombang pada jetty dengan rumus van der meer

8.3.2 Hudson

Dalam perhitungan berat batu menggunakan Rumus Hudson, berat batu dihitung berdasarkan jenis material yang digunakan karena setiap jenis material memiliki nilai K_D yang berbeda.

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \theta}$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

8.3.2.1 Berat Lapis Lindung Batu Pecah

- *Jetty Head*

Diketahui:

$$\gamma_a = 1,03 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_r = 2,50 \text{ t/m}^3$$

$$H = 1,44 \text{ m (Hasil difraksi)}$$

$$\theta = 33,69^\circ \text{ (Kemiringan struktur kepala 1:1,5)}$$

$$K_D = 1,9$$

Maka;

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,50}{1,03} = 2,43$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \theta} \\ &= \frac{2,50 \cdot 1,44^3}{1,9 \cdot (2,43 - 1)^3 \cdot \cot 33,69^\circ} \\ &= 0,89 \text{ ton} \end{aligned}$$

- *Jetty Trunk*

Diketahui:

$$\gamma_a = 1,03 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_r = 2,50 \text{ t/m}^3$$

$$H = 1,44 \text{ m (Hasil difraksi)}$$

$$\theta = 33,69^\circ \text{ (Kemiringan struktur kepala 1:1,5)}$$

$$K_D = 3,2$$

Maka;

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2,50}{1,03} = 2,43$$

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \theta}$$

$$= \frac{2,50 \cdot 1,44^3}{3,2 \cdot (2,43 - 1)^3 \cdot \cot 33,69^\circ}$$

ton

8.3.2.2 Rekapitulasi Perhitungan Hudson

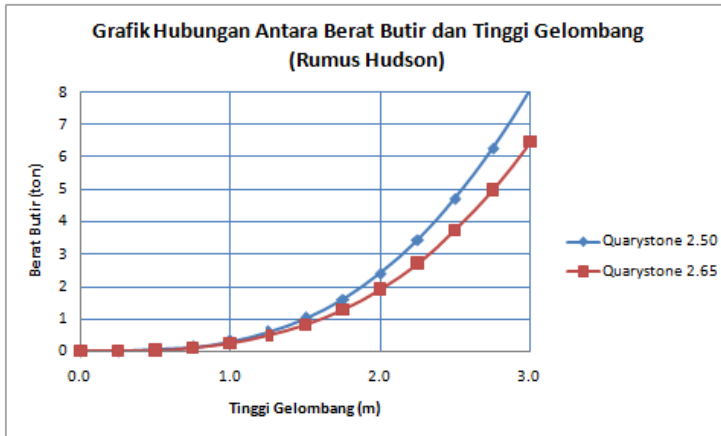
Pada Tabel 8. 3 dan Tabel 8. 4 merupakan hasil perhitungan berat material menggunakan rumus Hudson, untuk grafik hubungan antara berat dan tinggi gelombang dapat dilihat pada Gambar 8. 5:

Tabel 8. 3 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone
($\gamma = 2,50 \text{ t/m}^3$)

Quarystone 2.50				
Bagian	Primary Layer	Secondary Layer	Core Layer	Berm
Breakwater	W (ton)	W/10 (ton)	W/200 (ton)	W/10 (ton)
Head	0.892	0.089	0.004	0.089
Trunk	0.529	0.053	0.003	0.053

Tabel 8. 4 Rekapitulasi hasil perhitungan material Quarystone
($\gamma = 2,65 \text{ t/m}^3$)

Quarystone 2.65				
Bagian	Primary Layer	Secondary Layer	Core Layer	Berm
Breakwater	W (ton)	W/10 (ton)	W/200 (ton)	W/10 (ton)
Head	0.706	0.071	0.004	0.071
Trunk	0.419	0.042	0.002	0.042



Gambar 8. 5 Grafik hubungan berat dan tinggi gelombang pada jetty dengan rumus hudson

8.4 Kesimpulan Perhitungan

Dari perhitungan berat batuan dengan menggunakan rumus Van Der Meer dan Hudson disimpulkan bahwa berat batu yang digunakan untuk material jetty dipilih hasil dari perhitungan yang memiliki berat yang besar dengan diameter batuan yang besar dan mudah untuk didapatkan. Jetty direncanakan terdiri dari primary layer dan secondary layer. Lebar *ramp door* kapal LCT 1200 DWT yaitu 9,20 m sehingga lebar puncak ujung jetty masih perlu di tambah agar dapat memenuhi lebar dari *ramp door*. Selain itu, perlu ditambah dengan lebar jagaan karena pertimbangan pengaruh adanya gelombang dan ketidaktepatan kapal dalam bersandar, sehingga lebar ujung jetty menjadi 16.50 m.

Kondisi pasang surut juga menjadi pertimbangan dalam merencanakan kemiringan ujung breakwater. Untuk gambaran dari kondisi pasang dan surut yang berpengaruh terhadap bukaan *ramp door* kapal LCT dapat dilihat di Bab VII. Agar bukaan

ramp door dapat bersandar dan menempel pada timbunan jetty, maka kemiringan ujung jetty direncanakan 1 : 5, dengan kemiringan yang landai juga mempermudah mobilitas alat berat yang melintas.

Ujung jetty berada pada kedalaman – 3,00 m. Diujung jetty diletakkan kubus balok agar pada saat kapal bertambat ujung dari kapal tidak terkena bagian dari timbunan (Lihat Gambar 8. 6). Ukuran rusuk dari kubus beton yaitu 1,5 m, dan memiliki berat 8,1 ton. Selain beratnya yang melebihi berat dari batu timbunan, kubus beton dapat diletakkan bersusun dan lebih mudah perletakkannya sehingga membantu membuat ujung jetty lebih tegak.

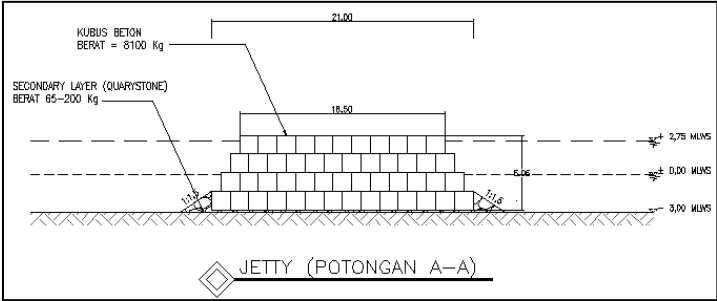


Gambar 8. 6 Kubus beton sebagai material ujung jetty

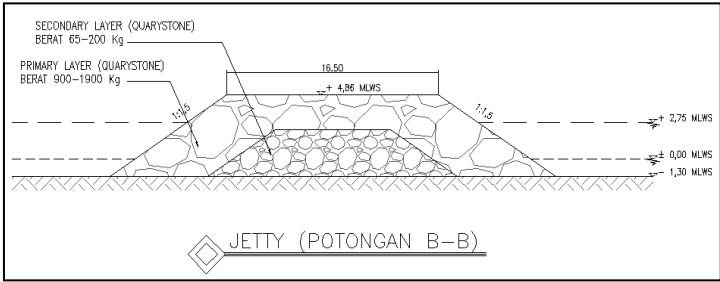
Pada Tabel 8.5 merupakan hasil perhitungan dari berat material timbunan jetty, sedangkan pada Gambar 8. 7, Gambar 8. 8, dan Gambar 8. 9 adalah potongan jetty dari hasil perhitungan:

Tabel 8.5 Hasil perhitungan berat material jetty

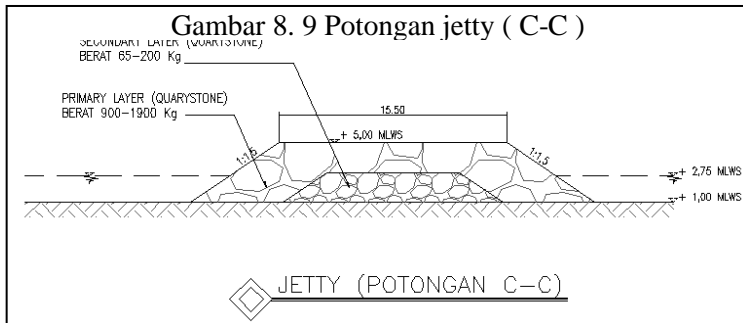
Armour Type	Segmen	KΔ	W (ton)	Yr (ton/m ³)	B (m)	t (m)
Quarystone 2,50	Primary	1	0.892	2.50	3.0	2.6
	Secondary	1	0.089	2.50	2.0	2.0



Gambar 8. 7 Potongan jetty (A-A)

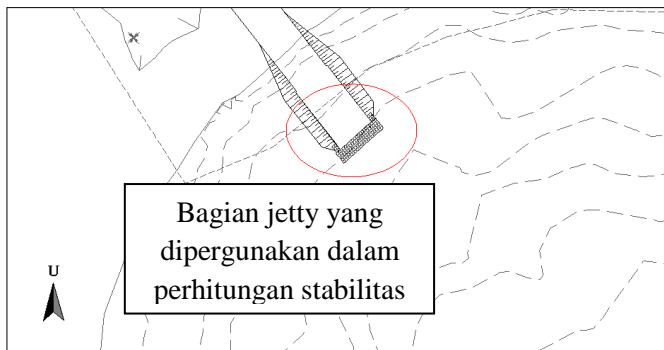


Gambar 8. 8 Potongan jetty (B-B)



8.5 Stabilitas Jetty

Sebelum melakukan perhitungan stabilitas maka perlu diketahui parameter tanah yang ada di bawah jetty dan material dari jetty itu sendiri. Parameter serta geometric jetty yang dimasukkan adalah jetty bagian ujung yang berada pada elevasi - 3.00 mLWS karena merupakan bagian jetty yang memiliki stabilitas paling kritis, Lihat Gambar 8. 10.

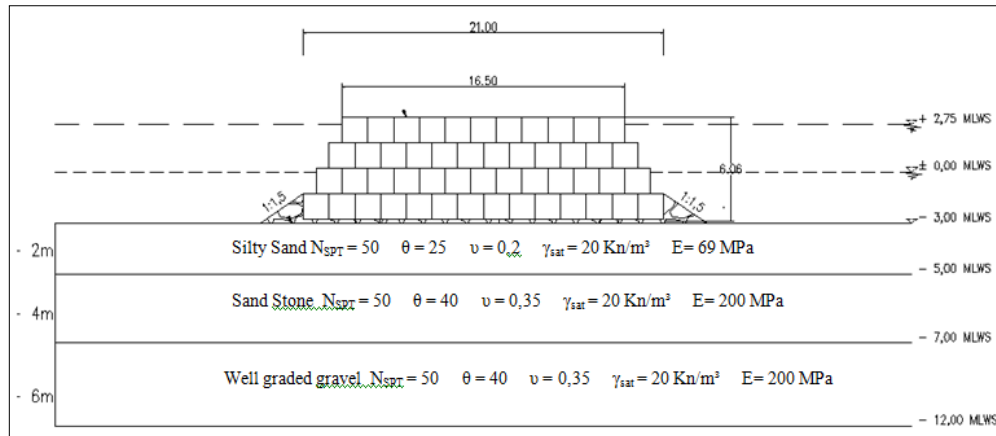


Gambar 8. 10 Posisi segmen jetty yang digunakan dalam perhitungan stabilitas

Untuk data lapisan tanah dibawah jetty, parameter tanah yang digunakan didapat dari korelasi karena data yang didapat hanya berupa data N_{SPT} dan jenis tanah. Untuk tabel korelasi dapat dilihat di Bab VI. Untuk hasil parameter tanah dari nilai korelasi Lihat Tabel 8. 7 dan Gambar 8. 11.

Tabel 8. 6 Data tanah dari bore log 2

No.	Kedalaman (m)		N-SPT	Deskripsi Lapisan	Klasifikasi	Ysat		Yunsat		E		v	C	Ø
						(KN/m ³)	(t/m ³)	(KN/m ³)	(t/m ³)	Mpa	KN/m ²			
1	0	-2	50	Silty sand, grayish brown	Cohesionless	20	2	18	1.8	69	69000	0.2	0	25
2	-2	-4	50	Sand stone, silty sand, compacted, grayish brown	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
3	-4	-6	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
4	-6	-8	50	Well graded gravel with some boulder, sand, blackish gray	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
5	-8	-10	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
6	-10	-12	50			20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40
7	-12	-14	50	Diorite, greenish gray, solid, minor fracture, fresh	Cohesionless	20	2	18	1.8	200	200000	0.35	0	40



Gambar 8. 11 Parameter tanah di bawah jetty

8.5.1 Stabilitas Terhadap Puncture Failure

Kontrol terhadap puncture failure ini bertujuan untuk mengetahui apakah tanah dibawah timbunan akan ambles apabila dibebani. Analisa stabilitas ini hanya dilakukan pada kondisi undrained (kondisi yang paling kritis) sehingga dalam perhitungan tanah di bawah breakwater ini memperhatikan tanah pada lapisan ke 1 yang merupakan lapisan tanah lanau berpasir.

Perhitungan :

$$SF = \frac{q_{\max}}{q} = \frac{(\pi+2)C_u}{\gamma \cdot h}, \text{ Bila } B > h \text{ maka } q_{\max} = C_u \times N_c$$

B breakwater 21 m, sedangkan h 6,0 m sehingga untuk mencari q_{\max} menggunakan syarat diatas. Pada lapisan tanah pertama memiliki sudut geser (ϕ) senilai 25. Untuk mendapatkan nilai N_c bisa menggunakan grafik yang terdapat pada Bab VI dengan nilai B/h kurang 3.5 maka nilai N_c 6, Sehingga

$$SF = \frac{q_{\max}}{q} = \frac{18,5 \times 6}{2,5 \times 17,5} = 2,57$$

Perhitungan stabilitas jetty terhadap puncture failure menunjukkan bahwa safety factor yang dihasilkan aman karena $SF > SF_{\min}$ yaitu 1,2 .

8.5.2 Stabilitas Terhadap Puncture Failure

Untuk penjelasan mengenai rumus dan langkah mengerjakan sama dengan perhitungan stabilitas breakwater di Bab VI.

$$\begin{aligned} p &= \gamma_{\text{armour}} \times H \text{ (Beban terbagi rata)} \\ &= 2,5 \text{ t/m}^3 \times 6,0 \text{ m} \\ &= 15 \text{ t/m}^2 = 150 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Kedalaman 0 s/d -2 mLWS (Lapis 1)

Tebal = 2 m

E = 69000 KN/m²

v = 0,2

$$E' = \frac{69000}{\left(1 - \frac{2 \cdot 0,2^2}{1 - 0,2}\right)} = 76.666$$

Kedalaman -2 s/d -6 mLWS (Lapis 2)

Tebal = 4 m

E = 200000 KN/m²

v = 0,35

$$E' = \frac{200000}{\left(1 - \frac{2 \cdot 0,35^2}{1 - 0,35}\right)} = 320987,6$$

Kedalaman -6 s/d -12 mLWS (Lapis 3)

Tebal = 6m

E = 200000 KN/m²

v = 0,35

$$E' = \frac{200000}{\left(1 - \frac{2 \cdot 0,35^2}{1 - 0,35}\right)} = 320987,7$$

Jadi, penurunan tanah akibat immediate settlement adalah 6 cm.

$$\Delta h_{\text{total}} = 150 \left(\frac{2}{76666,6} + \frac{4}{320987,7} + \frac{6}{320987,7} \right) = 0,0085 \text{ m}$$

Terdapat dua jenis consolidation settlement diantaranya primary consolidation settlement dan secondary settlement. Primary consolidation settlement yaitu perubahan volume tanah selama periode keluarnya air pori dari tanah sedangkan secondary settlement adalah penurunan setelah tekanan air pori hilang

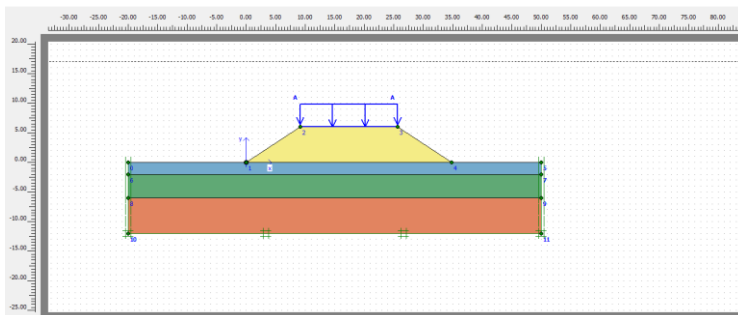
keseluruhan. Consolidation settlement umumnya terjadi pada lapisan tanah kohesif. Dikarenakan jenis lapisan tanah pada perencanaan breakwater ini berupa pasir, sehingga tidak terjadi consolidation settlement.

8.5.3 Stabilitas Terhadap Sliding

Kontrol sliding pada struktur jetty perlu dilakukan untuk mengetahui apakah struktur jetty yang direncanakan tersebut sudah aman terhadap kemungkinan bahaya longsor (sliding) atau sebaliknya. Perhitungan stabilitas terhadap sliding ini menggunakan media bantu program Plaxis. Program ini akan menghasilkan angka keamanan tertentu berdasarkan data yang dimasukkan.

Dalam perhitungan stabilitas jetty (-3,00 mLWS) terhadap sliding, terdapat 3 lapisan tanah. Data yang di input pada program Plaxis merupakan data dari hasil korelasi.

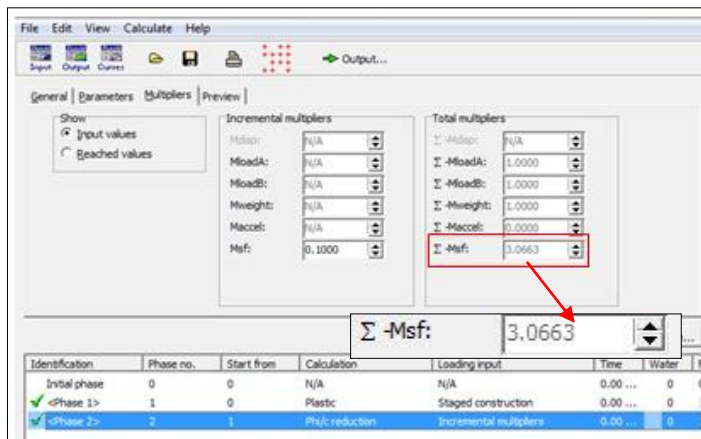
Dalam mencari angka keamanan (SF) pada jetty dilakukan permodelan dengan menambahkan beban yang ada di atas struktur jetty (beban kendaraan). Untuk lebih mudah memahami, Gambar 8. 12 merupakan permodelan struktur jetty dengan tambahan beban kendaraan.



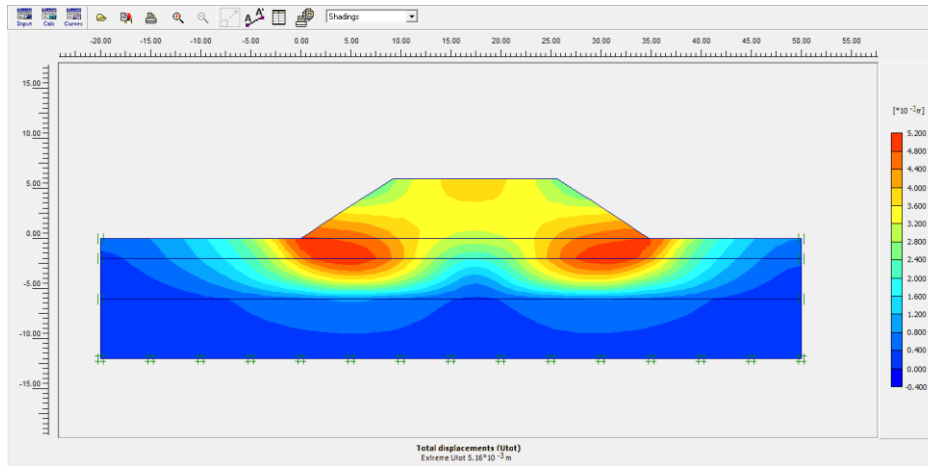
Gambar 8. 12 Permodelan struktur jetty dengan tambahan beban kendaraan

Dari hasil analisa menggunakan Plaxis dengan kondisi tambahan beban kendaraan dan elevasi air berada pada +2.75 mLWs didapat SF sebesar 3,066 (Lihat Gambar 8. 13). Sedangkan untuk total displacementnya sebesar 5 cm.

Gambar 8. 13 adalah hasil permodelan struktur jetty dengan bantuan program plaxis.



Gambar 8. 13 Nilai SF struktur jetty dengan bantuan program Plaxis



Gambar 8. 14 Total displacement pada elevasi muka air +2.75 mLws dengan beban kendaraan

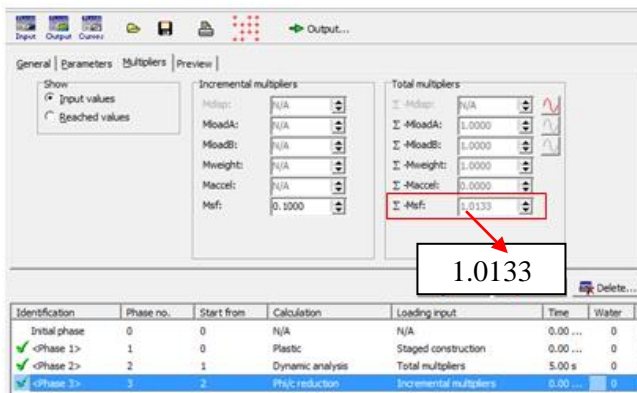
Dari hasil analisa diatas, disimpulkan bahwa angka keamanan (SF) cukup besar dan total displacement yang terjadi kecil. Sehingga jetty cukup aman dibangun diatas lapisan tanah tersebut.

Dari hasil analisa diatas, disimpulkan bahwa angka keamanan (SF) cukup besar dan total displacement yang terjadi kecil. Sehingga breakwater cukup aman dibangun diatas lapisan tanah tersebut.

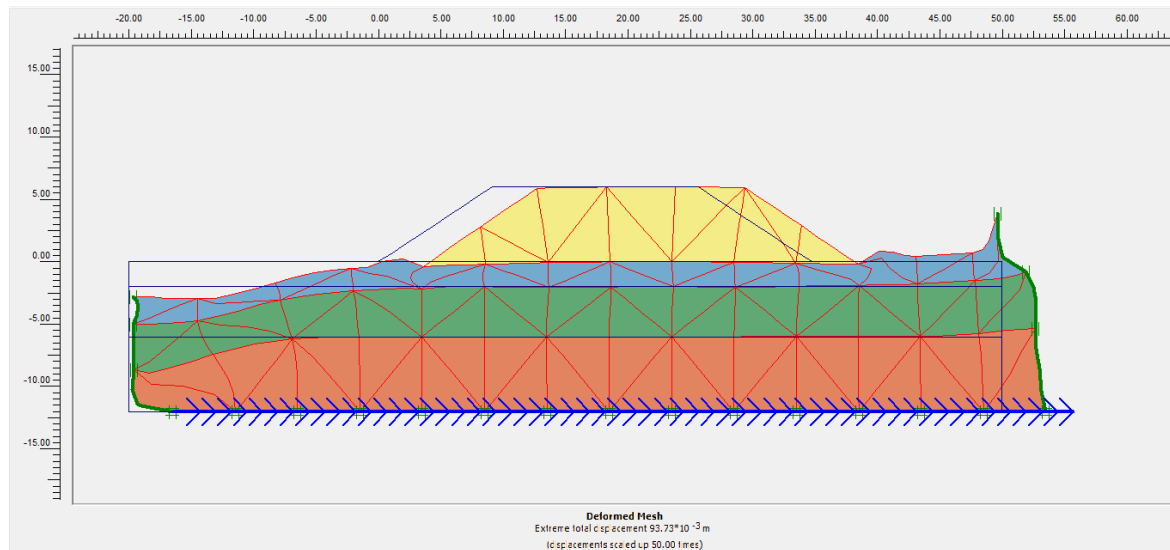
8.5.4 Stabilitas Terhadap Gempa

Kejadian gempa mempengaruhi perencanaan jetty, maka dari itu kondisi gempa perlu diperhitungkan. Analisa kestabilan jetty terhadap gempa menggunakan program Plaxis. Dan hasil analisa yang didapat berupa angka keamanan (SF) dan Total Displacement. Berikut ini adalah hasil dari permodelan menggunakan Plaxis :

Angka keamanan yang didapat 1,01 Lihat Gambar 8. 15 dan total displacement yang terjadi sebesar 9,3 cm Lihat Gambar 8. 16.



Gambar 8. 15 Nilai SF strutktur jetty akibat gempa dengan bantuan program Plaxis



Gambar 8. 16 Total displacement akibat gempa

Dari analisa yang telah dilakukan, SF lapisan tanah dibawah jetty cukup kuat untuk menahan berat dari struktur jetty dan beban kendaraan yang melintas. Namun jika di analisa terhadap pengaruh gempa tidak cukup aman, dan dari permodelan menggunakan program Plaxis terlihat kerusakan pada struktur jetty, Lihat pada Gambar 8. 16.

Pada Tabel 8. 7 merupakan rekapitulasi dari analisa stabilitas jetty:

Tabel 8. 7 Rekapitulasi hasil analisa stabilitas jetty

No	Analisa Stabilitas	Hasil Perhitungan		
1	Puncture Failure	SF	2,57	
2	Immediate Settlement	ST	8,5	cm
3	Sliding	SF	3,06	
		Utot	5,0	cm
4	Gempa	SF	1,01	
		Utot	9,3	cm

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IX

METODE PELAKSANAAN

9.1 Umum

Setelah perencanaan mulai dari evaluasi layout, struktur breakwater, struktur jetty, stabilitas breakwater dan stabilitas jetty sudah terpenuhi, maka perlu direncanakan metode pelaksanaan yang akan digunakan untuk membangun dermaga dan breakwater di Teluk Candrian. Metode pelaksanaan ini sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu proyek sehingga jika metode pelaksanaan direncanakan dengan matang maka pekerjaan akan selesai dalam waktu yang diinginkan dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi.

Bab ini hanya akan membahas mengenai metode pelaksanaan pekerjaan breakwater dan jetty di Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Berikut adalah point yang akan dibahas:

- Pekerjaan Persiapan
- Metode Pelaksanaan Breakwater
- Metode Pelaksanaan Jetty

9.2 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan atau pekerjaan prakonstruksi merupakan tahapan pekerjaan untuk mempersiapkan segala kebutuhan baik di wilayah darat maupun di wilayah laut sebelum memulai pekerjaan struktur. Secara detail pekerjaan yang dilakukan dalam masa prakonstruksi ini adalah sebagai berikut:

- a. Pembersihan lahan, yakni pembersihan lahan proyek dan lahan sekitar proyek yang telah dibebaskan dari hal-hal yang akan mengganggu jalannya proyek secara keseluruhan.
- b. Direksi kit merupakan bangunan sementara untuk keperluan official, seperti kantor untuk kontraktor dan pengawas, tempat untuk melaksanakan rapat dan segala kegiatan administrasi proyek. Bangunan tersebut

layaknya seperti kantor maka juga disertai penerangan, perlengkapan kamar mandi / wc, meja kursi dan kelengkapannya yang layak dipakai sampai akhir proyek berakhir. Juga terdapat fasilitas pendukung yang bersifat sementara berupa :

- Pos jaga, berfungsi sebagai tempat pengawasan alat dan material yang digunakan pada saat kontruksi dilaksanakan. Selain itu juga digunakan untuk mengawasi barang yang keluar masuk proyek.
- Gudang, berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan atau material yang akan dipakai pada saat konstruksi. Gudang ini harus terjaga kebersihan dan memiliki keteraturan dalam pengoperasiannya.
- Lahan penyimpanan material, fungsinya seperti gudang namun berada pada tempat terbuka. Material yang disimpan pada lahan ini adalah material yang tidak membutuhkan perlindungan seperti material batu dan pasir.
- Barak pekerja, berfungsi sebagai tempat tinggal dan tempat peristirahatan sementara para pekerja selama proyek berlangsung. Hal ini mempunyai keuntungan agar pekerja sistem pengawasan pekerja yang mudah serta pekerja tidak perlu mobilitas yang tinggi untuk pergi ke proyek.
- Lahan parkir alat-alat berat, penyediaan lahan parkir untuk alat-alat berat ini bertujuan untuk mempermudah pengawasan alat sekaligus tempat perbaikan alat sehingga tidak mengganggu kegiatan operasional.

c. Pengamanan dan Keselamatan

- Pagar pengamanan proyek, berfungsi untuk menjaga wilayah operasi operasi proyek dari gangguan kegiatan masyarakat atau pencurian.
- Kesehatan dan keselamatan kerja, yang terdiri dari peraturan standart alat pelindung diri, pembuatan

safety sign atau rambu-rambu, keamanan dan keselamatan dan sanksi atas pelanggaran.

- d. Penyediaan bahan atau material konstruksi seperti semen, pasir, kawat bronjong, batu dan lain sebagainya diusahakan sedapat mungkin menggunakan material yang sesuai dengan spesifikasi yang sudah diijinkan.
- e. Mobilisasi alat berat seperti :
 - Excavator untuk pemasangan dan pengangkutan komponen material.
 - Dump truck untuk mengangkut material ke lokasi konstruksi.
 - Kapal Tongkang untuk membawa material batu ke lokasi titik proyek.
 - Dan alat berat lainnya.
- f. Sebelum melakukan kegiatan konstruksi, dianjurkan untuk melakukan pengukuran bathymetri terlebih dahulu sebagai kontrol/ cheking kedalaman dasar laut. semua elevasi pengukuran harus mengacu pada bench mark (BM).

9.3 Metode Pelaksanaan Breakwater

Untuk metode pelaksanaan breakwater, ada beberapa pekerjaan meliputi:

- a. Pekerjaan Pengangkutan Material Batu
- b. Pekerjaan Pengukuran Material Breakwater
- c. Pekerjaan Struktur Breakwater
 - Pekerjaan Core Layer
 - Pekerjaan Secondary Layer
 - Pekerjaan Primary Layer

Berikut ini adalah penjabaran mengenai metode pelaksanaan breakwater:

9.3.1 Pekerjaan Pengangkutan Material Batu

Material batu yang digunakan untuk lapisan pengisi breakwater diangkut melalui jalur laut dengan menggunakan ponton yang ditarik menggunakan tug boat, lihat Gambar 9. 1 Selain diangkut dari sisi laut, pengangkutan material batu dapat dilakukan melalui jalur darat.



Gambar 9. 1 Pengangkutan material breakwater dengan ponton

9.3.2 Pekerjaan Pengurukan Material Breakwater

Sebelum melakukan pekerjaan pengurukan maka perlu dibuat akses menuju titik awal penghamparan material breakwater. Akses ini perlu diperbaiki dengan cara menambahkan batuan ke bagian yg belum tertutup sempurna karena daerah ini masih berupa batuan dan terdapat aliran air. Setelah menambahkan batuan perlu dilakukan pemerataan dengan tandem roller agar mobilitas drump truck berjalan lancar Lihat Gambar 9. 2 .

Pengurukan dimulai dari daratan menuju laut. Pada pelaksanaan pekerjaan breakwater, pelaksanaan pengurukan harus dilakukan dengan cara bertahap. Mengingat material inti breakwater yang berupa batuan dengan ukuran lebih kecil, sedangkan pembangunan breakwater membutuhkan waktu yang cukup lama, maka ada kemungkinan material inti akan terbawa oleh arus atau gelombang. Untuk mencegah penggerusan material

inti ini maka pelaksanaan pengurukan untuk material core layer dilakukan bersamaan dengan pengurukan batuan secondary layer maupun primary layer secara bertahap.



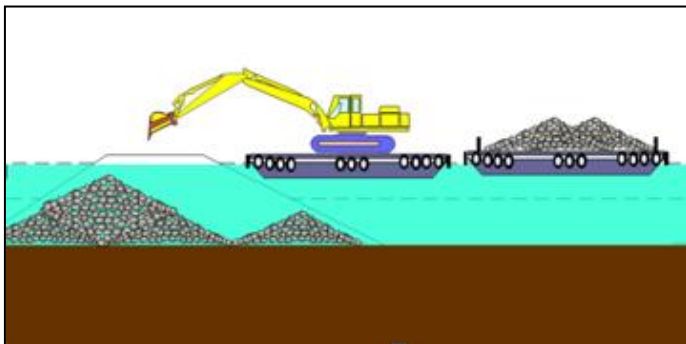
Gambar 9. 2 Lokasi akses dump truck

9.3.3 Pekerjaan Struktur

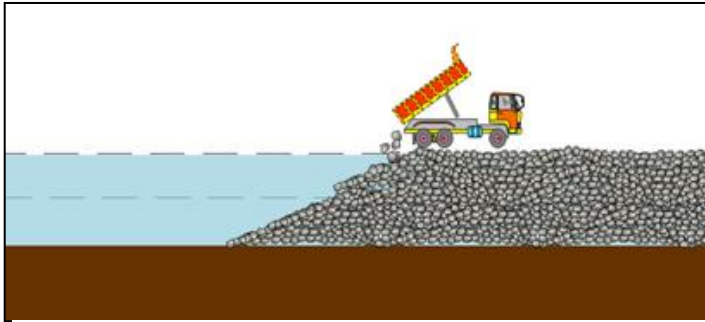
9.4.1.1 Pekerjaan Core Layer

- Sebelum melakukan pengurukan untuk core layer, dilakukan setting lokasi menggunakan teodolith. Titik penembakan sesuai dengan gambar rencana. Kemudian titik penembakan diberi tanda menggunakan tiang penanda (untuk di darat) dan menggunakan pelampung penanda (untuk di laut).
- Untuk memasang batuan disarankan saat gelombang normal (*calm*), dan posisi air laut sedang surut (terutama untuk struktur breakwater bagian bawah).

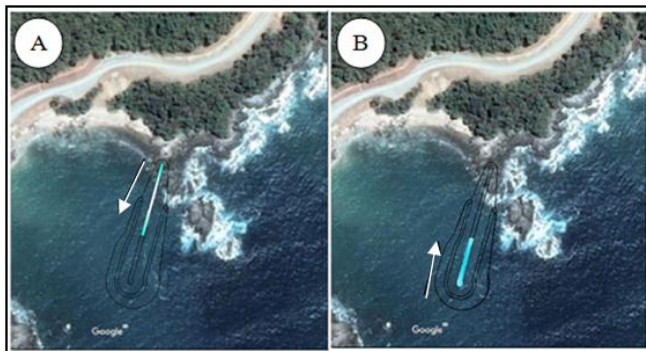
- Menempatkan tongkang sesuai dengan titik yang telah di setting dan dikontrol menggunakan teodolith.
- Batuan untuk core layer didorong dengan dozer dan excavator diatas tongkang sedikit demi sedikit.
- Kemudian tongkang bergeser ke titik lain yang sudah di setting untuk dilakukan pengurukan batuan Lihat Gambar 9. 3
- Batuan yang didorong harus membentuk suatu timbunan sesuai dengan ukuran pada gambar rencana.
- Agar kemiringan dan posisi timbunan sesuai dengan gambar rencana, maka setiap pekerjaan pengurukan dikontrol oleh penyelam.
- Penghamparan batuan juga dapat dilakukan melalui darat menggunakan dump truck dan dozer, seperti pada Gambar 9. 4.
- Pada Gambar 9. 5 merupakan sketsa alur pengurukan dari arah darat menuju laut, dan alur pengurukan dari arah laut menuju darat.



Gambar 9. 3 Penempatan batuan untuk core layer



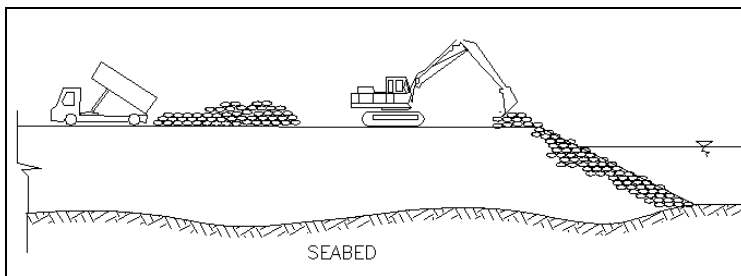
Gambar 9. 4 Pengurukan material core layer dari sisi darat menggunakan dump truck



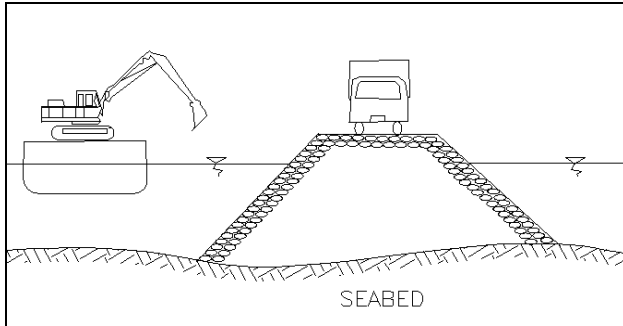
Gambar 9. 5 (A) Pengurukan material core layer dari darat dan (B) Pengurukan material core layer dari sisi laut

9.4.1.2 Pekerjaan Secondary Layer

- Untuk pekerjaan pemasangan secondary layer dilakukan dengan 2 cara, melalui darat dan laut. Untuk jalur darat menggunakan dump truck dan excavator (seperti pada Gambar 9. 6), sedangkan jalur laut menggunakan crane diatas tongkang (seperti pada Gambar 9. 7).
- Pemasangan batuan harus diatur sedemikian rupa sesuai dengan gambar rencana. Dengan kemiringan lereng 1 : 2.
- Kemudian tongkang bergeser untuk melakukan pengurukan batuan untuk pada titik selanjutnya yang telah disetting hingga terbentuk timbunan seperti pada gambar rencana.
- Timbunan yang berada dibawah permukaan laut dikontrol kemiringan dan posisinya oleh penyelam.
- Pada Gambar 9. 9 merupakan sketsa alur pengurukan dari arah darat menuju laut, dan alur pengurukan dari arah laut menuju darat.



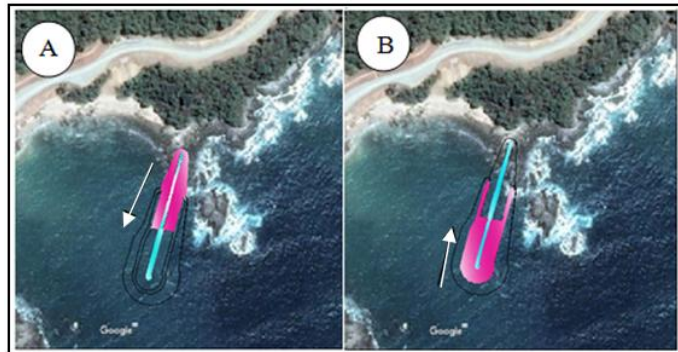
Gambar 9. 6 Pengurukan batuan dari darat



Gambar 9. 7 Penghamparan batuan dari darat dan laut



Gambar 9. 8 Pengangkutan dan penghamparan material melalui jalur laut



Gambar 9. 9 (A) Pengurukan material secondary layer dari darat dan (B) Pengurukan material secondary layer dari sisi laut

9.4.1.3 Pekerjaan Primary Layer

- Pemasangan material primary layer sama seperti secondary layer. Namun, pemasangan material dilakukan melalui darat ke laut (seperti pada Gambar 9. 10)
- Untuk pekerjaan pemasangan primary layer dilakukan dengan crane diatas tongkang, dikarenakan ukuran tetrapod yang besar.
- Pemasangan tetrapod harus diatur sedemikian rupa sesuai dengan gambar rencana.
- Kemudian tongkang bergeser untuk melakukan pengurukan tetrapod untuk pada titik selanjutnya yang telah disetting hingga terbentuk timbunan seperti pada gambar rencana.



Gambar 9. 10 Peletakan tetrapod pada primary layer dari darat ke laut

9.5 Metode Pelaksanaan Jetty

Untuk metode pelaksanaan jetty sebenarnya hampir sama dengan metode pelaksanaan breakwater, dikarenakan struktur jetty menggunakan timbunan batuan seperti breakwater. Namun ada beberapa tambahan pekerjaan. Metode pelaksanaan jetty meliputi beberapa hal, diantaranya:

- a. Pekerjaan Pengangkutan Material
- b. Pekerjaan Pemasangan Kubus Beton
- c. Pekerjaan Pengurukan Material

Berikut adalah penjabaran mengenai metode pelaksanaan jetty:

9.5.1 Pekerjaan Pengakutan Material Batu

Material batu yang digunakan untuk lapisan pengisi jetty diangkut melalui jalur darat dengan menggunakan dump truck. Untuk mengantisipasi adanya penumpukan material akibat kondisi alam yang tidak memungkinkan sehingga pekerjaan jetty terlambat sedangkan kedatangan material lebih cepat, maka perlu adanya lapangan penumpukan. Lapangan penumpukan berada di

dekat dengan lokasi pekerjaan jetty, yang merupakan lahan kosong. Lihat Gambar 9. 11



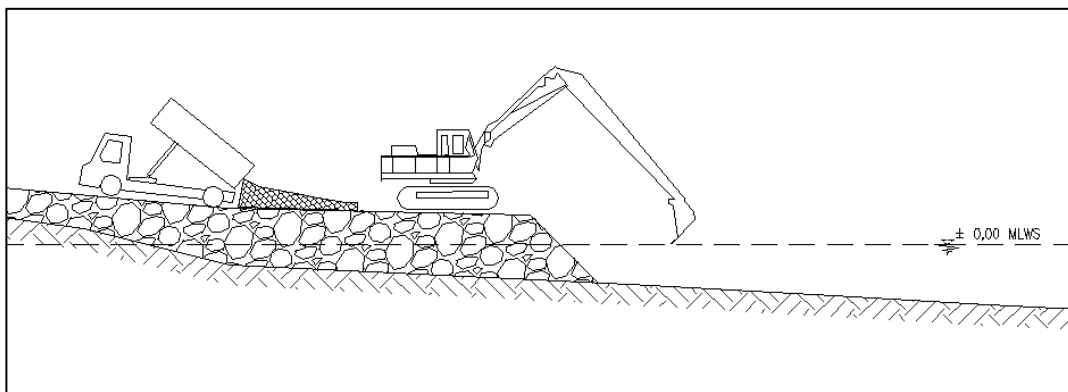
Gambar 9. 11 Letak lapangan penumpukan sementara

9.5.2 Pekerjaan Pengurukan Batuan

- Dikarenakan kondisi eksisting jetty, seperti pada Gambar 9. 12. Maka pekerjaan pengurukan batuan diawali dari arah darat menuju laut, seperti pada Gambar 9. 13.
- Batuan diangkut menggunakan dumptruck kemudian peletakan material menggunakan excavator sesuai dengan gambar rencana
- Pengurukan batuan dimulai dari lapisan core layer dengan diameter batuan , kemudian lapisan secondary layer dengan diameter batuan , dan yang terakhir primary layer dengan diameter batuan
- Peletakan timbunan batu harus diatur sedemikian rupa sesuai dengan gambar rencana dan diratakan menggunakan dozer agar permukaan timbunan rata.
- Langkah pengerjaannya hampir sama dengan penghamparan material untuk breakwater.



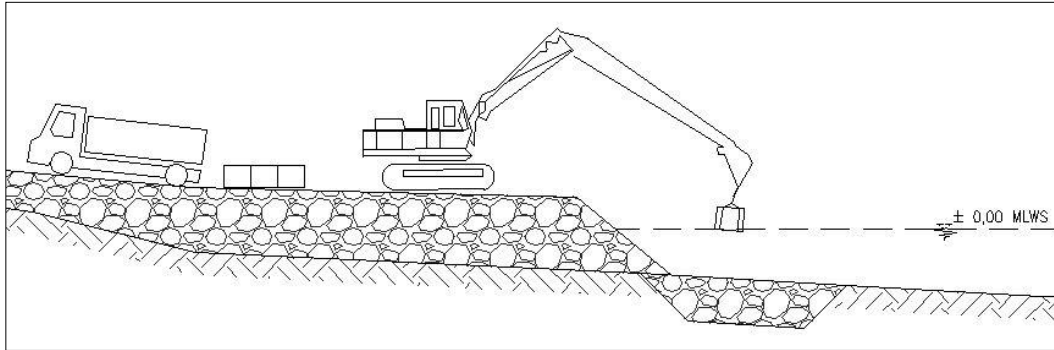
Gambar 9. 12 Kondisi Eksisting Jetty



Gambar 9. 13 Pengurukan material jetty dengan excavator

9.5.3 Pekerjaan Pemasangan Kubus Beton

- Karena kapal yang bertambat merupak jenis kapal Ro-Ro, maka untuk mendapatkan permukaan yang rata, dipasang kubus beton pada titik yang telah disetting sesuai dengan gambar rencana kemudian diletakkan pada ujung jetty.
- Kubus beton diangkut dengan menggunakan dump truck dan untuk meletakkan menggunakan excavator agar sesuai posisi yang direncanakan, seperti pada Gambar 9.14.
- Setelah satu lapisan kubus beton dikerjakan, diisi batuan dibelakangnya menggunakan material sesuai pada gambar rencana sebagai dudukan kubus beton dipasang sebanyak 4 lapis.



Gambar 9. 14 Proses perletakan kubus beton

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB X

RENCANA ANGGARAN BIAYA

10.1 Umum

Bab ini membahas rincian biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan keseluruhan pembangunan pelabuhan khusus dan breakwater yang ada di Teluk Candrian, Kabupaten Banyuwangi. Adapun prosedurnya meliputi:

- a. Penentuan harga material dan upah
- b. Analisa harga satuan
- c. Perhitungan volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya

10.2 Harga Material dan Upah

Harga material dan upah diambil dari “Harga Satuan Bahan dan Upah Kerja di Banyuwangi 2017” yang kemudian dikalikan persentase kenaikan di tahun 2018. Untuk beberapa material bahan maupun alat yang tidak tersedia di daftar maka akan digunakan satuan dari Permen Pu 11-2013 Bidang Sumber Daya Air. Berikut ini adalah rincian daftar harga material (Lihat Tabel 10. 1), daftar harga sewa peralatan (Lihat Tabel 10. 2), dan daftar harga material (Lihat Tabel 10. 3).

Tabel 10. 1 Harga upah pekerja

HARGA UPAH PEKERJA			
NO	JENIS PEKERJAAN	SATUAN	HARGA SATUAN
1	Mandor	OH	Rp 125,847.82
2	Kepala tukang	OH	Rp 111,239.94
3	Pekerja	OH	Rp 82,026.21
4	Tukang	OH	Rp 96,619.88
5	Surveyor	OH	Rp 174,311.03
6	Pembantu surveyor	OH	Rp 116,207.35
7	Operator	OH	Rp 96,619.88
8	Pembantu operator	OH	Rp 58,103.68
9	Supir	OH	Rp 90,299.48
10	Penyelam	OH	Rp 203,362.36
11	Penjaga/satpam	OH	Rp 58,103.68

Tabel 10. 2 Sewa Alat

NO	PERALATAN	SATUAN	HARGA SATUAN
1	Alat bantu	ls	Rp 4,452.81
2	Total Station	jam	Rp 87,231.13
3	Waterpass	jam	Rp 19,223.09
4	Mobile Crane	jam	Rp 788,580.91
5	Concrete Vibrator	jam	Rp 149,331.88
6	Concrete Pump	jam	Rp 20,335.53
7	Generator set	jam	Rp 217,210.00
8	Excavator	jam	Rp 380,117.50
9	Dump truck 10 ton	jam	Rp 244,361.25
10	Ponton 1000 ton	jam	Rp 964,250.00
11	Tugboat	jam	Rp 674,944.55
12	Trailer	jam	Rp 278,751.48
13	Rock breaker	jam	Rp 355,250.00
14	Tandem roller	jam	Rp 717,165.51
15	Minor equipment	ls	Rp 5,075,000.00

Tabel 10. 3 Harga sewa alat

HARGA MATERIAL			
NO	NAMA BAHAN	SATUAN	HARGA SATUAN
I BAHAN SEMEN			
1	Semen Portland	zak	Rp 68,208.00
2	Beton Ready Mix K350	m ³	Rp 907,410.00
II MATERIAL ALAM			
1	Pasir Cor	m ³	Rp 274,050.00
2	Sirtu	m ³	Rp 177,625.00
3	Batu Pecah	m ³	Rp 101,500.00
III BAHAN AKSESORIS DERMAGA			
1	T Bollard 50 Ton	set	Rp 35,525,000.00
IV BAHAN LAIN-LAIN			
1	Oli	liter	Rp 40,600.00
2	Solar	liter	Rp 5,200.00
3	Tes Beton di Laboratorium	Ls	Rp 30,450,000.00
4	Direksi keet 1 unit	bln	Rp 5,075,000.00
5	Sewa mess 1 unit	bln	Rp 5,075,000.00
6	Workshop	bln	Rp 6,090,000.00
7	Biaya operasional (listrik, air, kebersihan dll)	bln	Rp 5,075,000.00
8	Safety helmet	bh	Rp 101,500.00
9	Safety shoes	bh	Rp 304,500.00
10	Safety glasses	bh	Rp 50,750.00
11	Life jacket	bh	Rp 152,250.00
12	Peralatan P3k	set	Rp 2,537,500.00
13	Biaya ATK	bln	Rp 1,522,500.00
14	Biaya komputer dan printer	bln	Rp 1,827,000.00
15	Biaya komunikasi	bln	Rp 2,030,000.00

10.3 Analisis Harga Satuan

Analisis harga satuan merupakan acuan untuk menghitung harga standart satuan pekerjaan. Tabel 10. 4 merupakan analisa harga satuan yang digunakan.

Tabel 10. 4 Analisa Harga Satuan

NO	JENIS PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
1 PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	(1 Ls/hari) Pembersihan Lokasi Pekerjaan Dengan Alat Berat				
	Alat:				
	Dump truck	0.625	hari	Rp 244,361.25	Rp 152,725.78
	Excavator	0.625	hari	Rp 380,117.50	Rp 237,573.44
	Oli	1.200	liter	Rp 40,600.00	Rp 48,720.00
	Solar	200	liter	Rp 5,200.00	Rp 1,040,000.00
	Upah:				
	Operator	0.100	org/hari	Rp 96,619.88	Rp 9,661.99
	Pembantu operator	0.100	org/hari	Rp 58,103.68	Rp 5,810.37
	Mandor	0.100	org/hari	Rp 125,847.82	Rp 12,584.78
	TOTAL				Rp 1,507,076.36
2 (1 Ls) Mobilisasi dan Demobilisasi					
	Alat Utama:				
	Excavator	2	unit	Rp 380,117.50	Rp 760,235.00
	Mobile crane	2	unit	Rp 788,580.91	Rp 1,577,161.81
	Ponton	2	unit	Rp 964,250.00	Rp 1,928,500.00
	Alat Pendukung:				
	Trailer	2	unit	Rp 278,751.48	Rp 557,502.96
	Tugboat	2	unit	Rp 674,944.55	Rp 1,349,889.10
	Minor equipment	1	ls	Rp 5,075,000.00	Rp 5,075,000.00
	TOTAL				Rp 11,248,288.87
3 (1 Ls/hari) Stakeout Dan Positioning					
	Alat:				
	Total Station	0.625	hari	Rp 87,231.13	Rp 54,519.46
	Waterpass	0.500	hari	Rp 19,223.09	Rp 9,611.54
	Upah:				
	Surveyor	0.100	org/hari	Rp 174,311.03	Rp 17,431.10
	Pembantu surveyor	0.100	org/hari	Rp 116,207.35	Rp 11,620.74
	TOTAL				Rp 93,182.84
4 (1 Ls) Fasilitas Sementara					
	Bahan:				
	Sewa direksi keet 1 unit	12	bulan	Rp 5,000,000.00	Rp 60,000,000.00
	Sewa mess 1 unit	12	bulan	Rp 5,000,000.00	Rp 60,000,000.00
	Workshop	12	bulan	Rp 6,000,000.00	Rp 72,000,000.00
	Biaya operasional (listrik, air dll)	12	bulan	Rp 5,000,000.00	Rp 60,000,000.00
	TOTAL				Rp 252,000,000.00

3	1 m³ Primary Layer mutu K350			
Bahan:				
1 Tetrapod 10 ton	1	m ³	Rp 2,184,127.44	Rp 2,184,127.44
Alat:				
Ponton	0.500	jam	Rp 950,000.00	Rp 475,000.00
Mobile crane	0.500	jam	Rp 776,927.00	Rp 388,463.50
Tugboat	0.100	jam	Rp 664,970.00	Rp 66,497.00
Alat bantu	0.100	jam	Rp 4,387.00	Rp 438.70
Upah:				
Mandor	0.040	org/hari	Rp 125,847.82	Rp 5,033.91
Pekerja	0.400	org/hari	Rp 82,026.21	Rp 32,810.48
Operator	1.000	org/hari	Rp 96,619.88	Rp 96,619.88
TOTAL				Rp 3,248,990.92
4	1 m³ Secondary Layer			
Bahan:				
1 batu belah	1	m ³	Rp 100,000.00	Rp 100,000.00
Alat:				
Ponton	0.500	jam	Rp 950,000.00	Rp 475,000.00
Excavator	0.500	jam	Rp 374,500.00	Rp 187,250.00
Tugboat	0.100	jam	Rp 664,970.00	Rp 66,497.00
Rock breaker	0.100	jam	Rp 355,250.00	Rp 35,525.00
Alat bantu	0.100	jam	Rp 4,387.00	Rp 438.70
Upah:				
Mandor	0.052	org/hari	Rp 125,847.82	Rp 6,544.09
Pekerja	0.520	org/hari	Rp 82,026.21	Rp 42,653.63
Operator	1.000	org/hari	Rp 96,619.88	Rp 96,619.88
TOTAL				Rp 1,010,528.30
5	1 m³ Core Layer			
Bahan:				
1 batu belah	1	m ³	Rp 100,000.00	Rp 100,000.00
Alat:				
Ponton	0.500	jam	Rp 950,000.00	Rp 475,000.00
Excavator	0.500	jam	Rp 374,500.00	Rp 187,250.00
Tugboat	0.100	jam	Rp 664,970.00	Rp 66,497.00
Rock breaker	0.100	jam	Rp 355,250.00	Rp 35,525.00
Alat bantu	1.000	jam	Rp 4,387.00	Rp 4,387.00
Upah:				
Mandor	0.052	org/hari	Rp 125,847.82	Rp 6,544.09
Pekerja	0.520	org/hari	Rp 82,026.21	Rp 42,653.63
Operator	1.000	org/hari	Rp 96,619.88	Rp 96,619.88
TOTAL				Rp 1,014,476.60

6	1 m' Perataan jalan untuk penempatan material			
Bahan:				
1 batu belah	1	m ²	Rp 100,000.00	Rp 100,000.00
Alat:				
dump truck	0.200	jam	Rp 950,000.00	Rp 190,000.00
Tandem roller	0.200	jam	Rp 374,500.00	Rp 74,900.00
Upah:				
Mandor	0.010	org/hari	Rp 125,847.82	Rp 1,258.48
Operator	0.100	org/hari	Rp 96,619.88	Rp 9,661.99
	TOTAL			Rp 375,820.47
II	PEKERJAAN JETTY			
1	1 m² Primary Layer mutu K350			
Bahan:				
1 Kubus beton	1	m ²	Rp 1,115,315.67	Rp 1,115,315.67
Alat:				
Dump truck	0.300	jam	Rp 240,750.00	Rp 72,225.00
Mobile crane	0.100	jam	Rp 776,927.00	Rp 77,692.70
Excavator	0.100	jam	Rp 374,500.00	Rp 37,450.00
Upah:				
Mandor	0.040	org/hari	Rp 125,847.82	Rp 5,033.91
Pekerja	1.000	org/hari	Rp 82,026.21	Rp 82,026.21
2	1 m² Secondary Layer			
Bahan:				
1 batu belah	1	m ²	Rp 101,500.00	Rp 101,500.00
Alat:				
Dump truck	0.300	jam	Rp 240,750.00	Rp 72,225.00
Mobile crane	0.100	jam	Rp 776,927.00	Rp 77,692.70
Excavator	0.100	jam	Rp 374,500.00	Rp 37,450.00
Rock breaker	0.100	jam	Rp 355,250.00	Rp 35,525.00
Upah:				
Mandor	0.052	org/hari	Rp 125,847.82	Rp 6,544.09
Pekerja	0.520	org/hari	Rp 82,026.21	Rp 42,653.63
Operator	1.000	org/hari	Rp 96,619.88	Rp 96,619.88
	TOTAL			Rp 470,210.30
IV	PEKERJAAN Pengerukan			
1	Pekerjaan Pengerukan dan Pembuangan Material			
Alat:				
TSHD	0.500	hari	Rp 5,000,000.00	Rp 2,500,000.00
Upah:				
Mandor	0.010	org/hari	Rp 95,192.00	Rp 951.92
Operator	1.000	org/hari	Rp 116,207.35	Rp 116,207.35
Pekerja	0.100	org/hari	Rp 82,026.21	Rp 8,202.62
	TOTAL			Rp 3,095,572.19

V	PEKERJAAN LAIN-LAINNYA				
1	(1 set) Pengadaan Dan Pemasangan Bollard				
	Bahan:				
	Bollard 50 T	1.000	set	Rp 35,525,000.00	Rp 35,525,000.00
	Alat:				
	Crane	0.300	hari	Rp 788,580.91	Rp 236,574.27
	Upah:				
	Mandor	0.100	org/hari	Rp 95,192.00	Rp 9,519.20
	Operator	0.100	org/hari	Rp 116,207.35	Rp 11,620.74
	Pekerja	1.000	org/hari	Rp 82,026.21	Rp 82,026.21
	TOTAL				Rp 35,864,740.42

10.4 Perhitungan Volume dan Rencana Anggaran Biaya

Berikut ini adalah hasil perhitungan volume dan rencana anggaran biaya yang dapat dilihat pada Tabel 10. 5.

Tabel 10. 5 BOQ

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
»	Pekerjaan Persiapan				
A	Pembersihan lokasi pekerjaan dengan alat berat	1.00	hari	Rp 1,507,076.36	Rp 1,507,076.36
B	Stakeout dan positioning	1.00	ls	Rp 93,182.84	Rp 93,182.84
C	Fasilitas sementara	1.00	ls	Rp 252,000,000.00	Rp 252,000,000.00
D	Operasional penerangan	1.00	bulan	Rp 5,000,000.00	Rp 5,000,000.00
E	Perlengkapan keamanan dan keselamatan kerja	1.00	ls	Rp 331,000,000.00	Rp 331,000,000.00
F	Mobilisasi dan demobilisasi tenaga kerja dan peralatan	1.00	ls	Rp 11,248,288.87	Rp 11,248,288.87
G	Asuransi tenaga kerja	1.00	ls	Rp 33,000,000.00	Rp 33,000,000.00
H	Pengadaan sarana transportasi proyek	1.00	ls	Rp 252,000,000.00	Rp 252,000,000.00
Sub Total (I)					Rp 885,848,548.06
»	Pekerjaan Konstruksi Jetty				
A	Pekerjaan kubus beton	651.57	m ³	Rp 1,486,363.37	Rp 968,471,563.19
B	Pekerjaan pemasangan secondary layer	3750.00	m ³	Rp 95,038.39	Rp 356,393,973.60
C	Pekerjaan pemasangan bollard	2.00	unit	Rp 35,864,740.42	Rp 71,729,480.83
D	Transportasi penempatan material jetty	200.00	m'	Rp 14,581.03	Rp 2,916,206.00
Sub Total (II)					Rp 1,399,511,223.63

Tabel 10. 6 Lanjutan

»	Pekerjaan Konstruksi Breakwater				
A	Pekerjaan Primary Layer (Tetrapod)	27819.00	m ³	Rp 3,248,990.92	Rp 90,383,678,364.53
B	Pekerjaan pemasangan secondary layer	50850.36	m ³	Rp 1,060,528.30	Rp 53,928,244,254.96
C	Pekerjaan pemasangan core layer	27007.75	m ³	Rp 1,064,476.60	Rp 28,749,122,571.44
D	Transportasi penempatan material breakwater	192.00	m'	Rp 14,581.03	Rp 2,799,558.66
D	Perataan akses jalan untuk penempatan material	192.00	m'	Rp 425,820.47	Rp 81,757,529.51
Sub Total (III)					173,145,602,279.11
TOTAL					175,430,962,050.79

10.5 Rekapitulasi

Dari perhitungan rencana anggaran biaya didapatkan rekapitulasi biaya yang dapat dilihat pada Tabel 10. 7.

Tabel 10. 7 Rekapitulasi biaya konstruksi breakwater dan jetty

No.	Jenis Pekerjaan	Harga Pekerjaan (Rp.)
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 885,848,548.06
2	Pekerjaan Konstruksi Jetty	Rp 1,399,511,223.63
3	Pekerjaan Konstruksi Breakwater	Rp 173,145,602,279.11
	Jumlah	Rp 175,430,962,050.79
	PPN (10% dari Jumlah)	Rp 17,543,096,205.08
	Total	Rp 192,974,058,255.87
<i>Terbilang :Seratus Sembilan Puluh Dua Milyar Sembilan Ratus Tujuh Puluh Empat Juta Lima Puluh Delapan Ribu Dua Ratus Lima Puluh Lima Rupiah</i>		

Jadi, keseluruhan biaya pembangunan jetty dan breakwater di Teluk Candrian Kabupaten Banyuwangi sebesar :

Terbilang : Seratus Sembilan Puluh Dua Milyar Sembilan Ratus Tujuh Puluh Empat Juta Lima Puluh Delapan Ribu Dua Ratus Lima Puluh Lima Rupiah

BAB XI

KESIMPULAN

Berdasarkan pada bab sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

11.1 Analisa Data

Dari pengumpulan dan analisis data pada bab 3 didapatkan:

- a) Data arus : berkisar pada 4.5 knot (arah arus sejajar pantai)
- b) Data pasang surut : HHWL 1.96 meter, LLWL 0.79 meter, beda pasang surut 2,75 m
- c) Data tanah : lapisan tanah di lokasi breakwater dan jetty mayoritas memiliki N_{SPT} 50, dapat dikatakan lapisan tanah keras
- d) Data angin : arah dominan pembangkit gelombang dari arah Tenggara dengan kecepatan 1.00 m/s s.d 5.00 m/s
- e) Data gelombang : tinggi gelombang periode ulang 50 tahunan sebesar 5.43 meter
- f) Data refraksi : tinggi gelombang akibat refraksi sampai kedalaman -11.00 MLWS sebesar 4.10 meter
- g) Data Difraksi : tinggi gelombang akibat breakwater sebesar 1.44 meter

11.2 Evaluasi Layout

Dari perhitungan evaluasi layout menurut KM No.54, OCDI, PIANC disimpulkan evaluasi layout mengikuti perhitungan OCDI dengan rincian sebagai berikut:

- a) Area Penjangkaran
Kedalaman = -8 MLWS
Diameter = 44.506 m
- b) Alur Masuk
Kedalaman = -4 MLWS
Panjang = 345 m

- Lebar = 69 m
- c) Kolam Putar
 - Kedalaman = -4 MLWS (minimal)
 - Diameter = 138 m
- d) Kolam Dermaga
 - Kedalaman = -4 MLWS
 - Panjang = 104 m
 - Lebar = 17 m

11.3 Struktur Breakwater

Dari hasil perhitungan berat material timbunan breakwater terhadap gelombang akibat refraksi adalah sebagai berikut:

- a) Breakwater Head Front Side (-11 mLWS)
 - Dengan tinggi gelombang 4.10 meter
 - Primary Layer = Tetrapod ($W = 8$ ton)
 - Secondary Layer = Quarystone ($\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$)
(1400– 2600 Kg)
 - Core Layer = Quarystone ($\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$)
(70– 150 Kg)
 - Berm Layer = Quarystone ($\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$)
(1400– 2600 Kg)
- b) Breakwater Head Back Side (-8 mLWS)
 - Dengan tinggi gelombang 3.54 meter
 - Primary Layer = Tetrapod ($W = 8$ ton)
 - Secondary Layer = Quarystone ($\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$)
(510 – 1300 Kg)
 - Core Layer = Quarystone ($\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$)
(30 – 100 Kg)
 - Berm Layer = Quarystone ($\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$)
(510–1300Kg)

- c) Breakwater Head Back Side (-5 mLWS)
 Dengan tinggi gelombang 2.87 meter
 Primary Layer = Tetrapod ($W = 6300 \text{ ton}$)
 Secondary Layer = Quarrrystone ($\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$)
 (280 – 860 Kg)
 Core Layer = Quarrrystone ($\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$)
 (20 – 50 Kg)

11.4 Struktur Jetty

Dari hasil perhitungan berat material jetty terhadap tinggi gelombang sebesar 1.44 meter akibat difraksi adalah sebagai berikut:

- a) Jetty (-3 mLWS)
 Pelindung depan = Kubus Beton ($W = 8100 \text{ Kg}$)
 Primary Layer = Quarrrystone ($\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$)
 (900– 1900 Kg)
 Secondary Layer = Quarrrystone ($\gamma = 2.5 \text{ t/m}^3$)
 (65– 200 Kg)

11.5 Stabilitas Struktur

Dari permodelan struktur breakwater head didapatkan hasil sebagai berikut, dan dapat dikatakan SF baik dan tanah cukup kuat untuk menahan beban struktur diatasnya.

- a) Stabilitas terhadap puncture failure didapat angka keamanan = 8,33
- b) Immediate settlement sebesar = 6 cm
- c) Consolidation settlement
 Dikarenakan jenis lapisan tanah *Cohesionless* maka tidak diperhitungkan penurunan konsolidasi
- d) Kontrol Sliding
 Dari hasil analisa menggunakan Plaxis didapat angka keamanan (SF) sebesar 7.45 dengan kondisi elevasi air +15.10 MLWS

e) Stabilitas terhadap gempa

Dari hasil analisa menggunakan Plaxis didapat angka keamanan (SF) sebesar 5.45 dengan perpindahan struktur (*total displacement*) sebesar 2.2 cm

Dari permodelan struktur jetty didapatkan hasil sebagai berikut, dan dapat dikatakan SF baik dan tanah cukup kuat untuk menahan beban timbunan daari struktur jetty sendiri dan penambahan beban kendaraan yang melintas . Namun tanah tidak cukup kuat untuk menahan beban struktur jetty ketika terjadi gempa. Berikut rinciannya:

a) Stabilitas terhadap puncture failure didapat angka keamanan = 2,57

b) Immediate settlement sebesar = 8.5 cm

c) Consolidation settlement

Dikarenakan jenis lapisan tanah *Cohesionless* maka tidak diperhitungkan penurunan konsolidasi

d) Kontrol Sliding

Dari hasil analisa menggunakan Plaxis didapat angka keamanan (SF) sebesar 3.06 dengan kondisi elevasi air +2.75 MLWS

e) Stabilitas terhadap gempa

Dari hasil analisa menggunakan Plaxis didapat angka keamanan (SF) sebesar 1.01 dengan perpindahan struktur (*total displacement*) sebesar 9.3 cm

11.6 Anggaran Biaya

Total anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan jetty dan breakwater berdasarkan perhitungan adalah sebesar Rp. 192.974.058.255,87

(*Seratus Sembilan Puluh Dua Milyar Sembilan Ratus Tujuh Puluh Empat Juta Lima Puluh Delapan Ribu Dua Ratus Lima Puluh Lima Rupiah*)

DAFTAR PUSTAKA

Department Of The Army. 1984. **Shore Protection Manual**, Vicksburg Missisipi.

Look, Burt. 2007. **Handbook of Geotechnical Investivigation and Design Tables**.

Technical Standart for Port and Harbour Facilities in Japan. Jepang:The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. 1991

Thoresen, A Carl. 2003. **Port Designer,s Handbook, Recommendations and Guidelines**

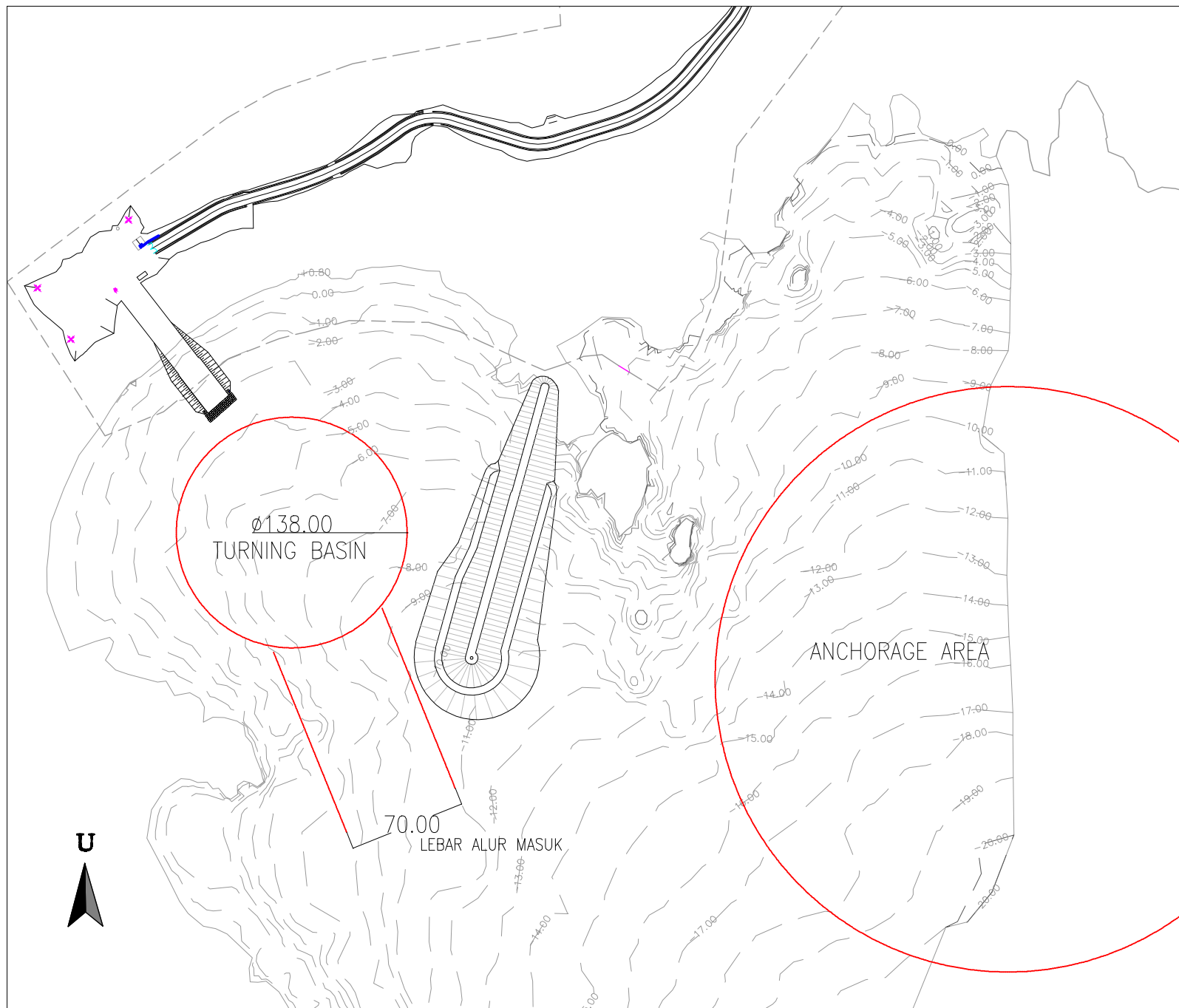
Harbour Approach Channel Design Guidelines, PIANC. 2014

Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dangkal.** Surabaya: Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS.

B Mochtar, Indrasurya. 2012. **Empirical Parameters for Soft Soil In Situ.** Surabaya: Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS.

Pusat Studi Gempa Nasional. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia. 2017

Kepmen No.54 tahun 2002. **Penyelenggaraan Pelabuhan Laut.** Menteri Perhubungan



JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan,
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

PEENCANAAN DERMAGA DAN
BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200
DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK
CANDRIAN, KABUPATEN BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir.FUDDOLY, MSc
Prof.Dr.Ir.HERMAN WAHYUDI

MAHASISWA

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
03111645000010

JUDUL GAMBAR

LAYOUT PERAIRAN

SKALA

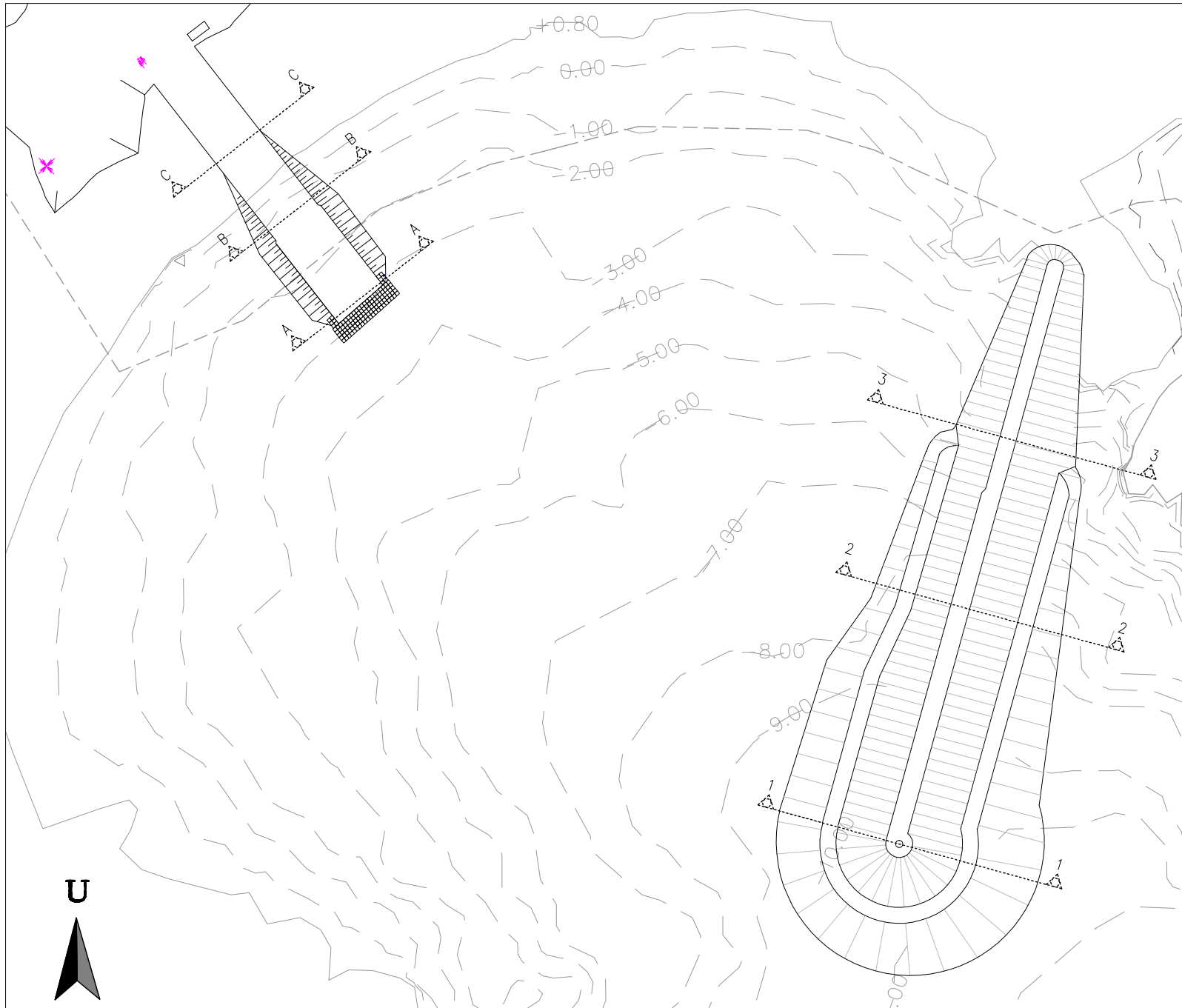
SATUAN

NTS

Meter

NOMOR GAMBAR

1



JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan,
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

PEENCANAAN DERMAGA DAN
BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200
DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK
CANDRIAN, KABUPATEN BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir.FUDDOLY, MSc
Prof.Dr.Ir.HERMAN WAHYUDI

MAHASISWA

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
03111645000010

JUDUL GAMBAR

LAYOUT POTONGAN BREAKWATER
DAN JETTY

SKALA

SATUAN

NTS

Meter

NOMOR GAMBAR

2



JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan,
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

PEENCANAAN DERMAGA DAN
BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200
DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK
CANDRIAN, KABUPATEN BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir.FUDDOLY, MSc
Prof.Dr.Ir.HERMAN WAHYUDI

MAHASISWA

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
03111645000010

JUDUL GAMBAR

POTONGAN BREAKWATER HEAD
FRONT SIDE

SKALA

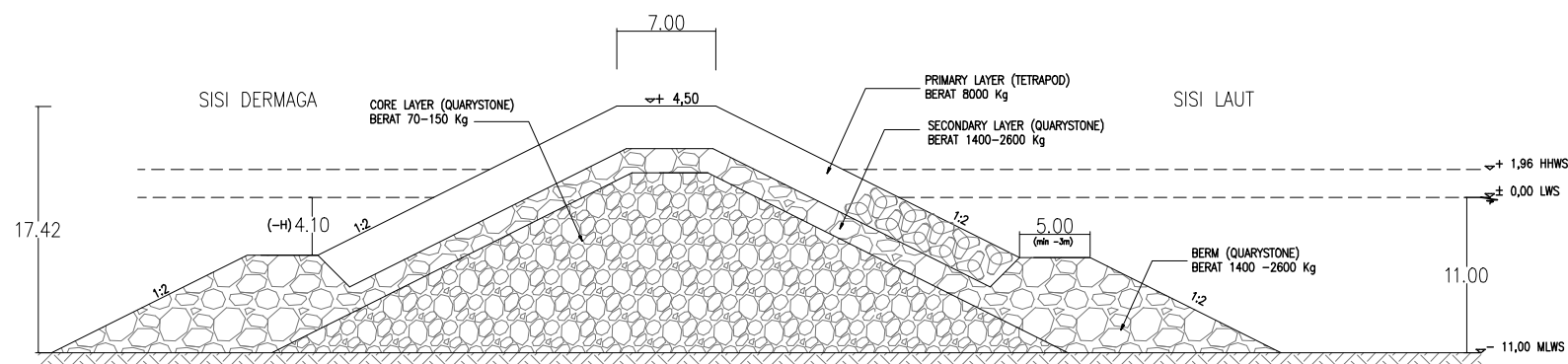
SATUAN

1 : 500

Meter

NOMOR GAMBAR

3



 BREAKWATER HEAD FRONT SIDE



JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan,
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

PEENCANAAN DERMAGA DAN
BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200
DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK
CANDRIAN, KABUPATEN BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir.FUDDOLY, MSc
Prof.Dr.Ir.HERMAN WAHYUDI

MAHASISWA

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
03111645000010

JUDUL GAMBAR

POTONGAN BREAKWATER HEAD
BACK SIDE

SKALA

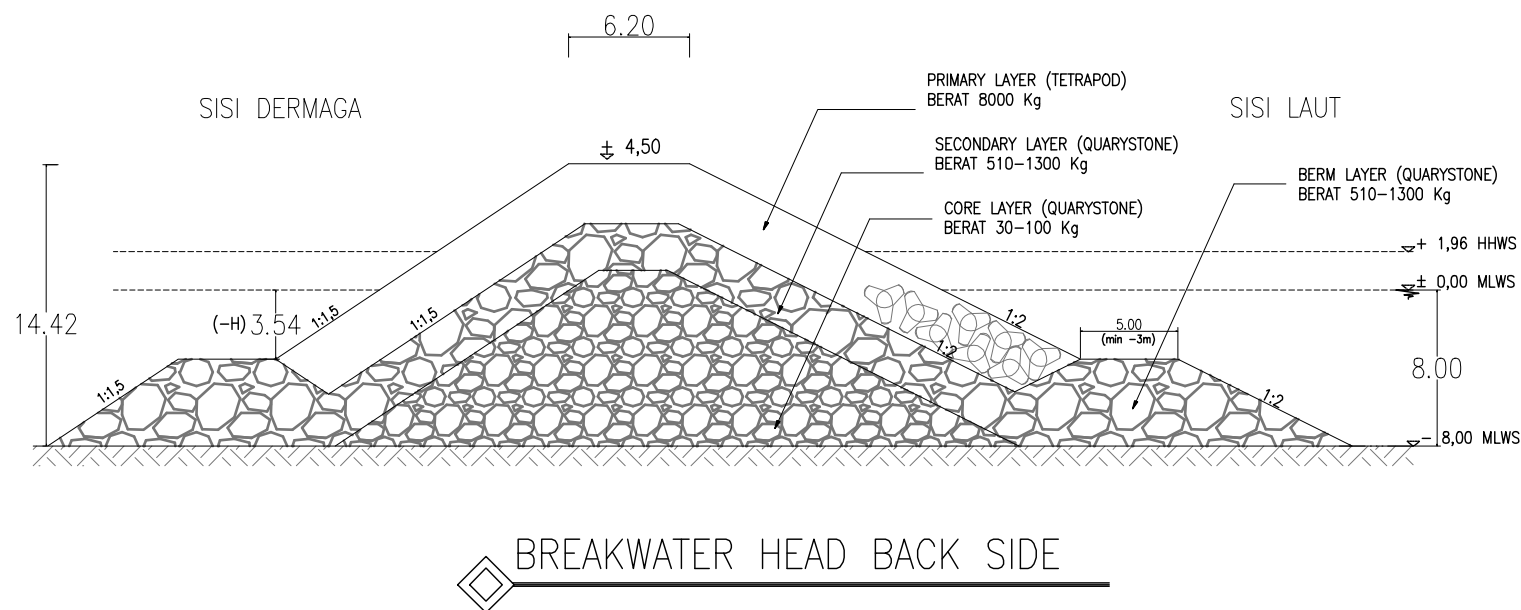
SATUAN

1 : 500

Meter

NOMOR GAMBAR

4





JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan,
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

PEENCANAAN DERMAGA DAN
BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200
DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK
CANDRIAN, KABUPATEN BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir.FUDDOLY, MSc
Prof.Dr.Ir.HERMAN WAHYUDI

MAHASISWA

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
03111645000010

JUDUL GAMBAR

POTONGAN BREAKWATER TRUNK

SKALA

1 : 500

SATUAN

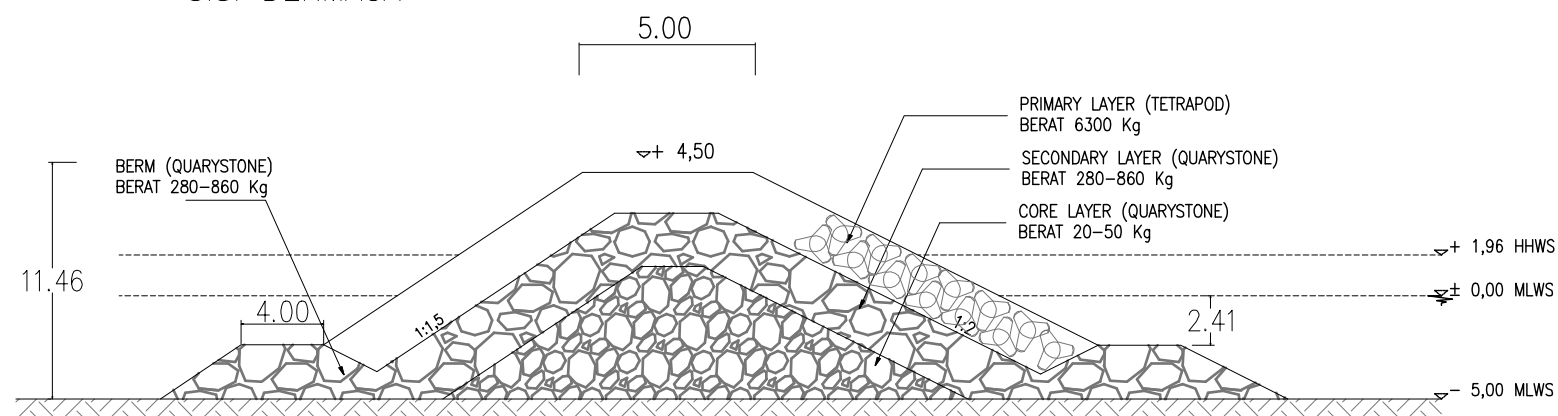
Meter

NOMOR GAMBAR

5

SISI DERMAGA

SISI LAUT



 BREAKWATER TRUNK



JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan,
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

PEENCANAAN DERMAGA DAN
BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200
DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK
CANDRIAN, KABUPATEN BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir.FUDDOLY, MSc
Prof.Dr.Ir.HERMAN WAHYUDI

MAHASISWA

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
03111645000010

JUDUL GAMBAR

POTONGAN JETTY (A-A)

SKALA

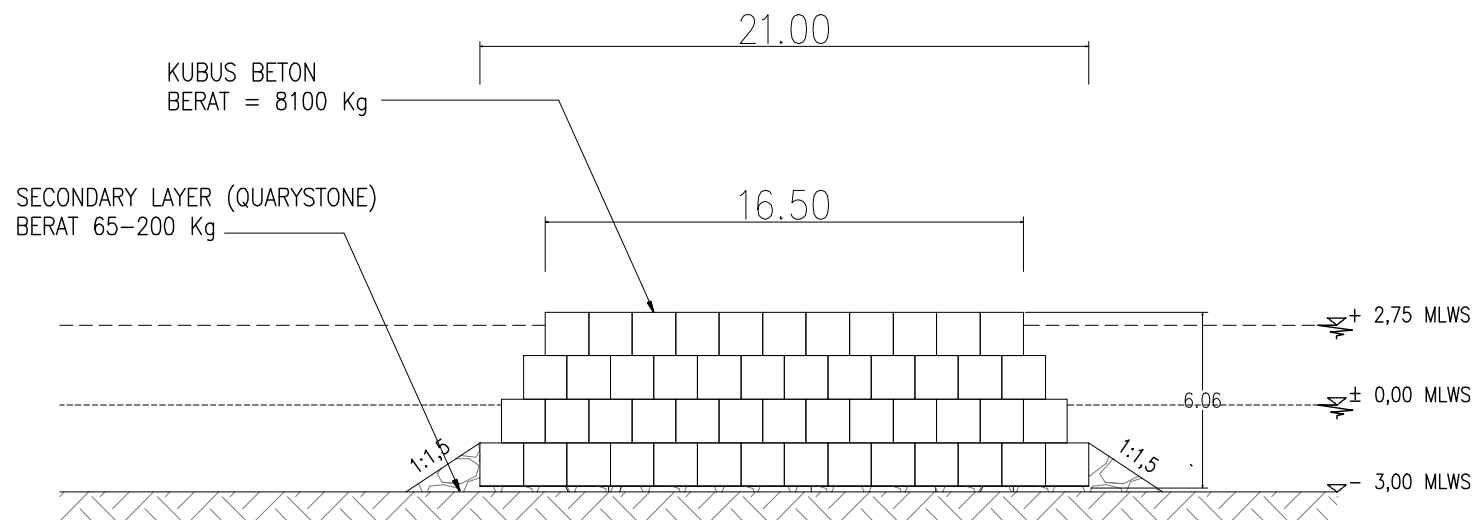
1 : 500

SATUAN

Meter

NOMOR GAMBAR

6



JETTY POTONGAN (A-A)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan,
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

PEENCANAAN DERMAGA DAN
BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200
DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK
CANDRIAN, KABUPATEN BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir.FUDDOLY, MSc
Prof.Dr.Ir.HERMAN WAHYUDI

MAHASISWA

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
03111645000010

JUDUL GAMBAR

POTONGAN JETTY (B-B)

SKALA

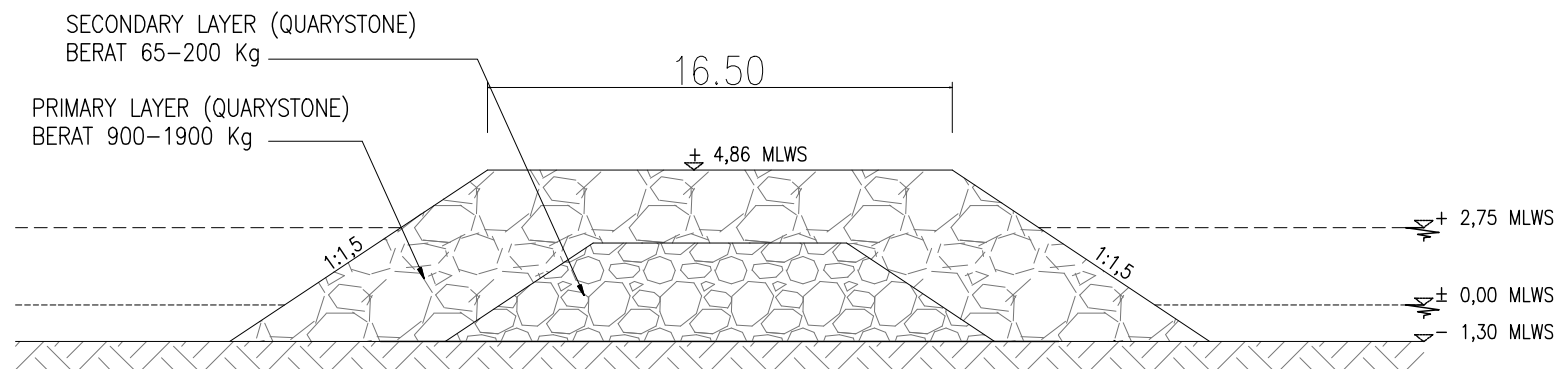
SATUAN

1 : 500

Meter

NOMOR GAMBAR

7



JETTY POTONGAN (B-B)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan,
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

PEENCANAAN DERMAGA DAN
BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200
DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK
CANDRIAN, KABUPATEN BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir.FUDDOLY, MSc
Prof.Dr.Ir.HERMAN WAHYUDI

MAHASISWA

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
03111645000010

JUDUL GAMBAR

POTONGAN JETTY (A-A)

SKALA

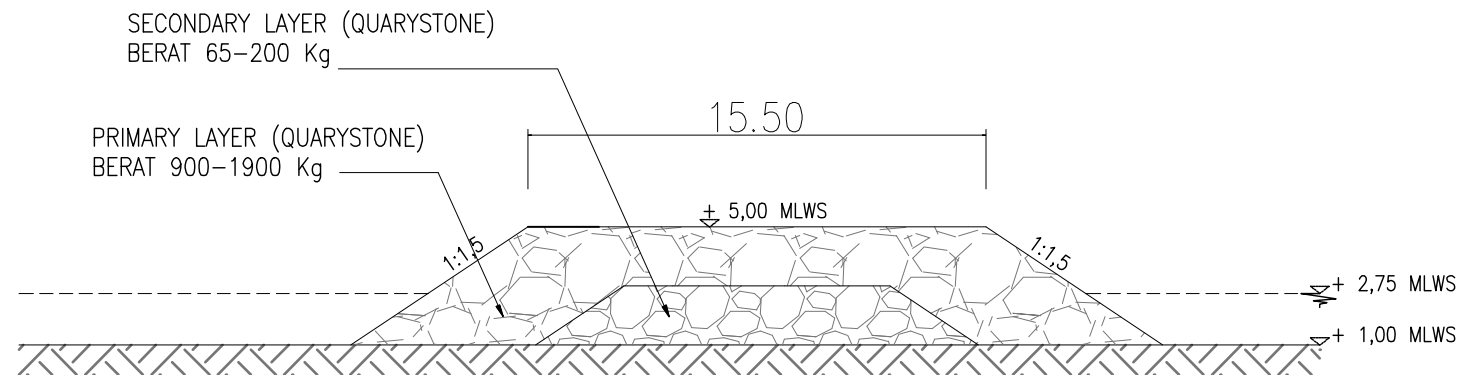
1 : 500

SATUAN

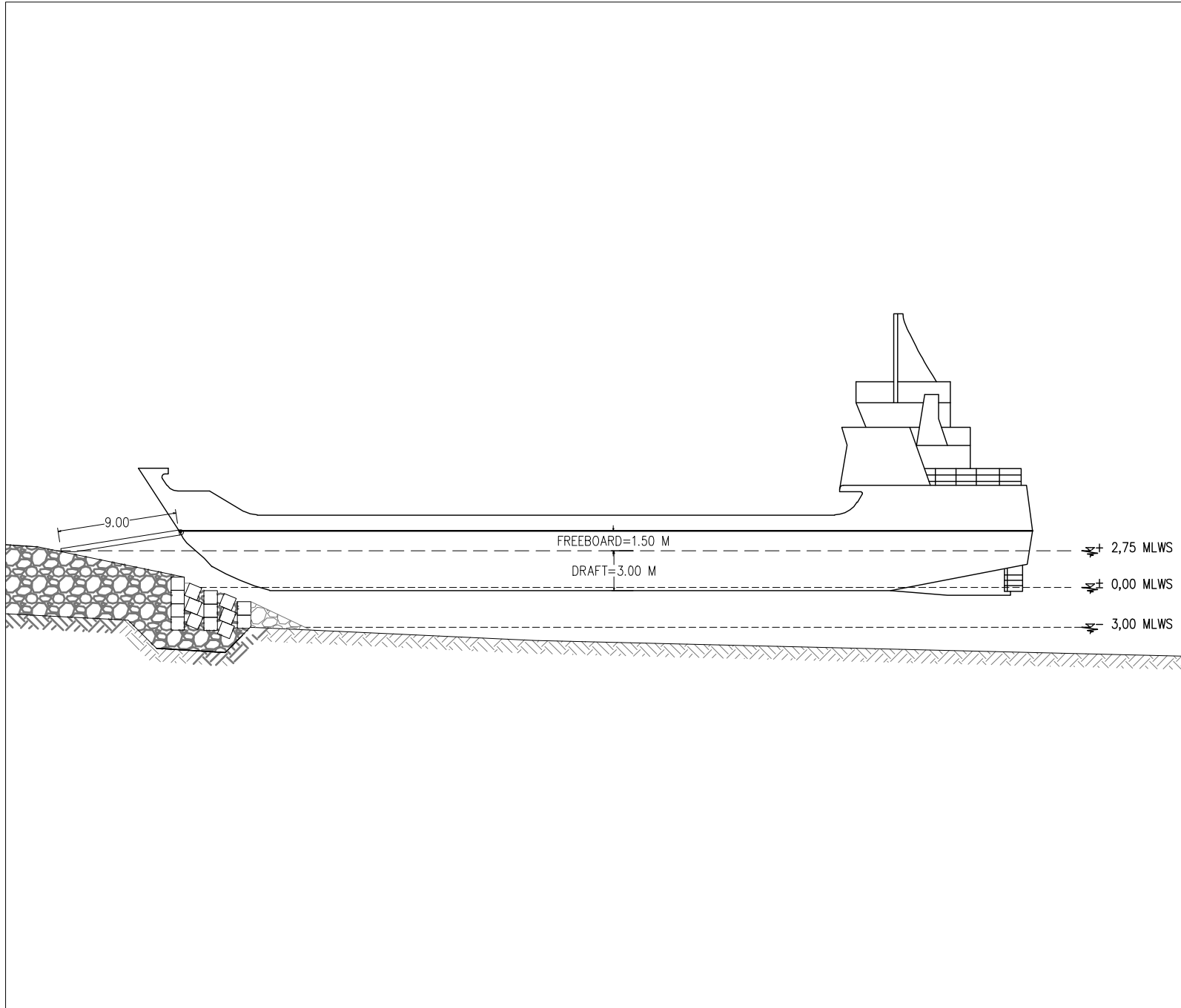
Meter

NOMOR GAMBAR

8



JETTY POTONGAN (C-C)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan,
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

PEENCANAAN DERMAGA DAN
BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200
DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK
CANDRIAN, KABUPATEN BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir.FUDDOLY, MSc
Prof.Dr.Ir.HERMAN WAHYUDI

MAHASISWA

ELITA ANINDYA PRAMITHASARI
03111645000010

JUDUL GAMBAR

KAPAL PADA SAAT KONDISI PASANG

SKALA

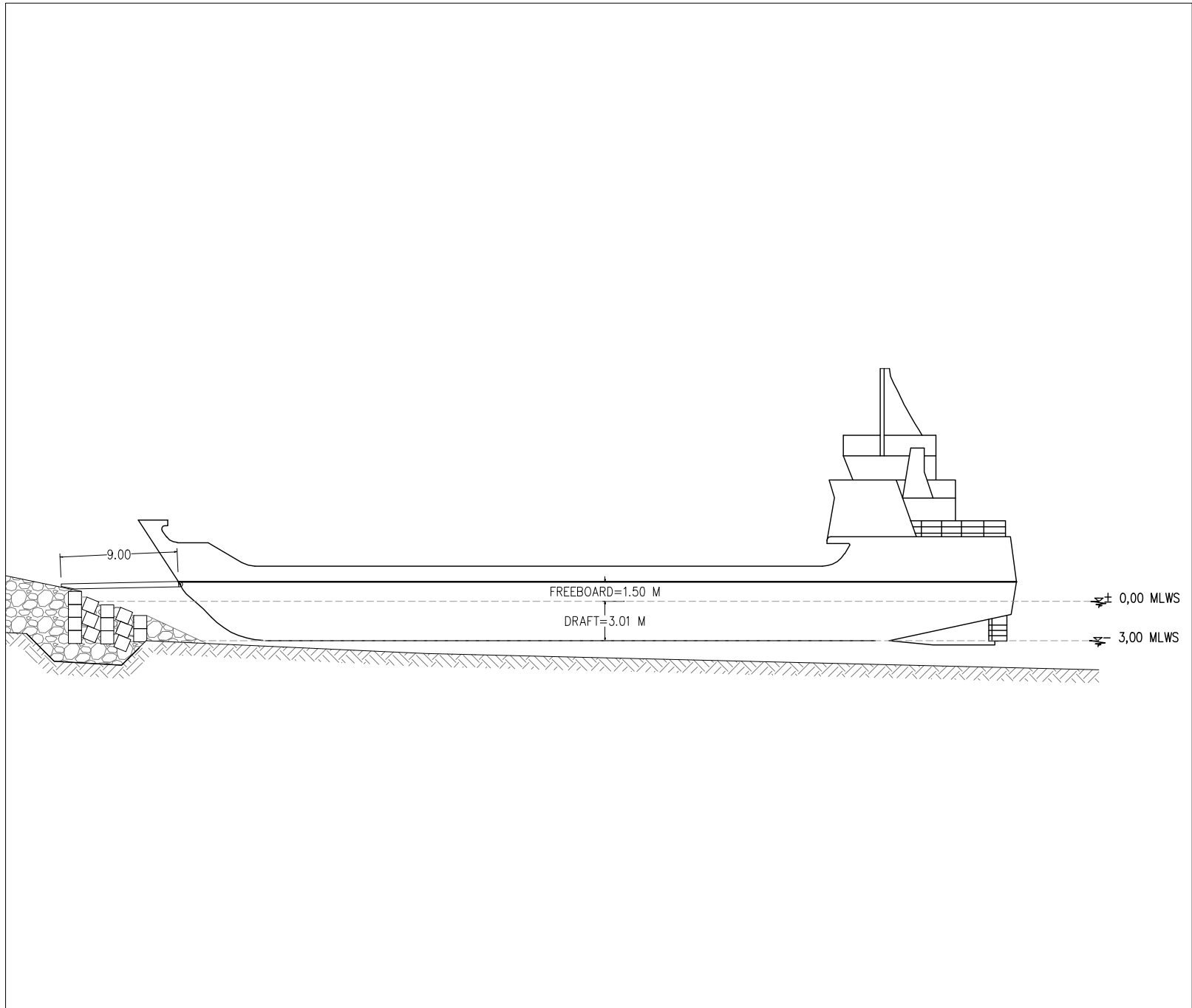
SATUAN

1 : 100

Meter

NOMOR GAMBAR

9



JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan,
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

PEENCANAAN DERMAGA DAN
BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200
DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK
CANDRIAN, KABUPATEN BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir.FUDDOLY, MSc
Prof.Dr.Ir.HERMAN WAHYUDI

MAHASISWA

KAPAL PADA SAAT KONDISI SURUT

JUDUL GAMBAR

KAPAL PADA SAAT KONDISI SURUT

SKALA

SATUAN

1 : 100

Meter

NOMOR GAMBAR

10

BIODATA PENULIS



Elita Anindya Pramithasari,
Penulis lahir di Lamongan, 16 Oktober 1994, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Angkasa Adi Sucipto Jogjakarta, SD Negeri Semambung 1 Sidoarjo, SMP Negeri 3 Waru Sidoarjo, dan SMA Negeri 1 Waru Sidoarjo dengan bidang ilmu IPA. Setelah lulus SMA, penulis mengikuti SNMPTN dan diterima di Diploma III Jurusan Teknik Sipil di Politeknik Negeri Malang, dan terdaftar dengan NRP 1231310022. Penulis mengambil bidang konsentrasi Manajemen Konstruksi Bangunan. Selama kuliah di Politeknik Negeri Malang, penulis aktif dalam organisasi BEM pada tahun 2013-2015. Setelah lulus dari Diploma III Teknik Sipil, penulis mengikuti Seleksi Masuk ITS (SMITS) program Lintas Jalur dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 03111645000010. Di program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang konsentrasi Pelabuhan. Penulis dapat dihubungi melalui email elitanindyap@gmail.com.

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Jum'at** tanggal **16 Nopember 2018** jam **08.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000010	Elita Anindya Pramithasari	Perencanaan Dermaga dan Breawater untuk Kapal LCT 1200 DWT di Tersus Candrian, Teluk Candrian Kabupaten Banyuwangi

1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- cek tabel primary layer sisi dermaga 4#?

- cek gambar head & trunk BW.

- Perlu dibuktikan alasan pemakaian material BW.

- Koreksi di buku TA.

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E

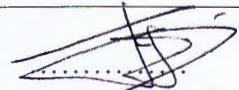
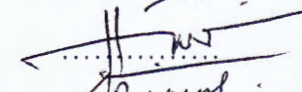
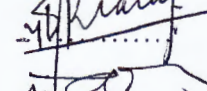
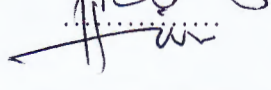
3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

☐ Lulus Tanpa Perbaikan

☐ Mengulang Ujian Seminar dan Lisan

☒ Lulus Dengan Perbaikan

☐ Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. Fuddoly, MSc (Pembimbing 1)	
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi (Pembimbing 2)	
Ir. Dyah Iriani Widyastuti, MSc	
Cahya Buana, ST. MT	

Surabaya, 16 Nopember 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Ketua Sidang

FORMULIR HAK CIPTA ARTIKEL

JUDUL ARTIKEL:

PERENCANAAN DERMAGA DAN BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200 DWT DI
TERSUS CANDRIAN, TELUK CANDRIAN KABUPATEN BANYUWANGI

DAFTAR LENGKAP SEMUA PENULIS:

Nama	NRP/NIP
1. Ir. Fuddoly, MSc.	(NIP. 196102071986011001)
2. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi	(NIP. 195503291980031002)
3. Elita Anindya Pramithasari	(NRP. 03111645000010)


AFILIASI:

TRANSFER HAK CIPTA

Yang bertandatangan di bawah ini **menyerahkan** hak di bawah hak cipta yang ada dalam artikel tersebut di atas kepada **Institut Teknologi Sepuluh Nopember** untuk:

- (a) diperbanyak dan
- (b) diterbitkan dalam Publikasi Ilmiah Online Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan catatan tanpa ada perubahan isi artikel tersebut.

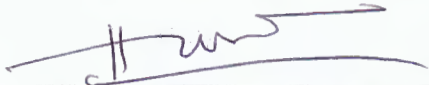
Sedangkan hak-hak lain yang ada di bawah hak cipta mengikuti ketentuan dalam Undang-Undang RI No 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta.



Nama Ir. Fuddoly, MSc

24 Jan 2019

Tanggal



Nama Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

Nama Elita Anindya Pramithasari

FORMULIR TELAHAH ARTIKEL POMITS

Nama : Elita Anindya Pramithasari

NRP : 03111645000010

Nama :

NRP :

Judul : Perencanaan Dermaga dan Breakwater untuk Kapal LCT 1200 DWT

Di Tersus Candrian, Di Teluk Candrian, Kabupaten Bangunwangi

Petunjuk Review :

Telaah artikel yang ada dan berikan tanda silang pada kotak yang tersedia dan isilah titik-titik yang sudah tersedia sesuai dengan hasil telaah.

A. Gaya dan Penataan (berilah tanda silang pada kotak yang tersedia)

- | | Ya | Tidak |
|--|-------------------------------------|--------------------------|
| 1. Apakah judul sudah sesuai dengan isi artikel? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Apakah abstrak sudah memberikan pokok-pokok penting? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Apakah metodologi yang digunakan sesuai? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Apakah data yang ditampilkan benar dan akurat? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Apakah tabel dan gambar sesuai dengan kebutuhan? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Apakah keterangan tabel dan gambar sudah sesuai? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. Apakah kesimpulan sudah lengkap dan jelas? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. Apakah pustaka yang digunakan terbaru dan mendukung? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9. Apakah artikel ditulis dengan lugas dan jelas? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10. Apakah penulisan sudah sesuai dengan gaya selingkung POMITS? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

B. Kualitas Penilaian Artikel

(isilah pada kotak yg terpilih dengan silang)

Ya Tidak

- ☒ ☐ tidak menjiplak karya orang lain.
- ☒ ☐ tidak menggunakan perangkat lunak ilegal
- ☒ ☐ tidak direncanakan untuk dipatenkan
- ☒ ☐ tidak melanggar perjanjian kerjasama dengan pihak ketiga

C. Rekomendasi

(isilah pada kotak yg terpilih dengan silang)

- ☐ tidak dipublikasikan
- ☐ dipublikasikan setelah perbaikan
- ☒ dipublikasikan
- pada: Jurnal Teknik ☒
- Jurnal Sains dan Seni ☐
- Bidang :

D. Catatan atau Komentar Penelaah

Penelaah :

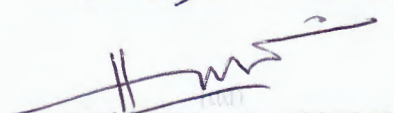
Ir. Fuddoly, MSc.

NIP. 196102071986011001

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

NIP. 195503291980031002





.....

.....



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Fuddoly, MSc
NAMA MAHASISWA	: Elita Anindya Pramithasari
NRP	: 03111645000010
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN DERMAGA DAN BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200 DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK CANDRIAN KAB. BANYUWANG
TANGGAL PROPOSAL	: 31 Januari 2018
NO. SP-MMTA	: 028820 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	7 April '18	<ul style="list-style-type: none"> - Mengubah susunan bab III - Pasang surut, arus, bathymetri, angin, - Jelaskan pola operasional dermaga - Mengolah data angin - Tambahkan kapal barge dalam perencanaan. 		
	25 April '18	<ul style="list-style-type: none"> - Revisi gambar bathimetri - Beri penjelasan tentang daerah sekitar lokasi dermaga - Tambahkan keterangan diagram alir gelombang (fully / Nonfully) di bab II - Kriteria design untuk bahu (jetty dan breakwater) 		
	30 Mei '18	<ul style="list-style-type: none"> - Rumus untuk penentuan bahu → Van der Meer - Bandingkan perhitungan untuk evaluasi layout menggunakan 3 sumber berbeda. (Molli, Kepmen, Port) - Lampirkan gambar eksisting layout 		



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04

rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Fuddoly, MSc
NAMA MAHASISWA	: Elita Anindya Pramithasari
NRP	: 03111645000010
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN DERMAGA DAN BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200 DWT DI TERUS CANDRIAN, TELUK CANDRIAN KAB. BANYUWANGI
TANGGAL PROPOSAL	: 31 Januari 2018
NO. SP-MMTA	: 028820 / IT2.VI.4.1 / PP. 05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	23 Juni	<p>Bab 5</p> <ul style="list-style-type: none"> - Umum = jelaskan apa saja yang akan dibahas - Gambar layout eksisting diperbesar - Revisi tabel rekapitulasi layot perairan - Perbaiki gambar posisi ramp. <p>Bab 6</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisi sudut & hitungan refraksi - Range berat batuan (tambahkan) - Nilai K₀ sesuai kondisi gelombang & perencanaan lapisan jetty. <p>Bab 7</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hitung tinggi gel. rencana % perhitungan berat butir breakwater - Tambahkan penjelasan van der meer & hudson di Bab II <p>Bab 9</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lengkapi dengan gambar penjelasan. 		



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Fuddoly, MSc
NAMA MAHASISWA	: Elita Anindya Pramithasari
NRP	: 03111645000010
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN DERMAGA DAN BREAKWATER UNTUK KAPAL LCT 1200 DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK CANDRIAN KAB. BANYUWANGI
TANGGAL PROPOSAL	: 31 Januari 2018
NO. SP-MMTA	: 028820 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	27 Juni	<p>Bab 7.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Range berat butir pada setiap segmen breakwater. (cek lagi) <p>Bab 10</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hasil perhitungan RAB di buat nilai rupiah per m². 		



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi
NAMA MAHASISWA	: Elita Anindya Pramithasari
NRP	: 03111645000010
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN DERMAGA DAN BREAKWATER UNTUK KAPAL LOT 1200 DWT DI TERSUS CANDRIAN, TELUK CANDRIAN KAB. BANYUWANGI
TANGGAL PROPOSAL	: 31 Januari 2018
NO. SP-MMTA	: 028820 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	8 Juni '18	Cek stabilitas (Eksternal stability) - Sliding - Settlement		
	21 Juni	- Koreksi editan laporan - Peta Bore hole diperbesar - Tabel HSPPT juga diperbesar - Peraturan gempa → 2017 - Cek hasil plaxis - Tambahkan gambar sketra untuk metode pelaksanaan - Kesimpulan hasil perhitungan stabilitas.		